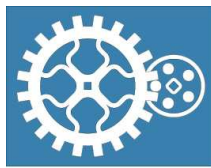


ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Universitat Politècnica de Catalunya
Escola d'Enginyeria d'Igualada
Departament d'Enginyeria Mecànica

Ús de l'oli vegetal cru com a biocarburant per autoconsum agrícola: avaluació de la sostenibilitat del sistema a Catalunya

Autor:

Grau Baquero Armans

Tesi Doctoral dirigida per:

Dra. Rita Puig Vidal

Dr. Jordi-Roger Riba Ruiz

Igualada, juny de 2011

ACTA DE QUALIFICACIÓ DE LA TESI DOCTORAL

Reunit el tribunal integrat pels sota signants per jutjar la tesi doctoral:

Títol de la tesi: **Ús de l'oli vegetal cru com a biocarburant per autoconsum agrícola: avaluació de la sostenibilitat del sistema a Catalunya.**

Autor de la tesi: **Grau Baquero Armans**

Acorda atorgar la qualificació de:

- ☐ No apte
- ☐ Aprovat
- ☐ Notable
- ☐ Excel·lent
- ☐ Excel·lent Cum Laude

Igualada, _____ de _____ de _____.

El President

El Secretari

El vocal

(nom i cognoms)

(nom i cognoms)

(nom i cognoms)

AGRAÏMENTS

La realització d'aquest treball de recerca no hauria estat possible sense la col·laboració de tot un conjunt de persones a les quals vull agrair sincerament la seva ajuda.

A la Dra. Rita Puig Vidal i al Dr. Jordi-Roger Riba Ruiz, per la seva confiança en aquest treball i pel seu rigor i correcció en la direcció de la tesi.

Al Dr. Antoni Rius Carrasco, pel seu suport i contribucions a aquest treball.

Al Departament d'Enginyeria Mecànica pel suport proporcionat.

Als meus companys i professors de l'Escola d'Enginyeria d'Igualada (EEI-UPC), especialment a en Bernat, company de fatigues durant la realització de la tesi, per l'ajuda en la resta de les meves obligacions durant el temps que aquesta s'ha prolongat.

Als tècnics de laboratori de l'EEI, la Reyes, en Quim, la Sara i l'Aroha, per les seves pacients explicacions i pel treball realitzat que ha fet possible l'estudi experimental.

A les empreses LIPIDOS SANTIGA S.A. i CEREALS I ADOBS CASAMITJANA S.A., pel seu suport tècnic i material.

A totes aquelles persones que, d'una manera o altra, han contribuït a la realització d'aquest treball.

Als meus familiars i amics, per recolzar-me i entendre la dedicació a aquest treball.

I especialment a la Núria, pel seu suport des de l'inici, la seva comprensió i paciència.

Grau Baquero Armans

Igualada, maig de 2011

ÍNDEX

ÍNDEX.....	I
NOMENCLATURA.....	V
RESUM.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ	1
1.1 OBJECTIUS DE LA TESI	1
1.2 INTERÈS DELS BIOCOMBUSTIBLES	2
1.3 INTERÈS DE LA SOSTENIBILITAT	5
1.4 ESTRUCTURA DE LA TESI.....	8
CAPÍTOL 2. MODEL AGRÍCOLA PROPOSAT	11
2.1 REGIÓ ON ES CENTRA L'ESTUDI.....	12
2.2 ESTAT DE LA QÜESTIÓ REFERENT A CONREUS.....	12
2.2.1 <i>El conreu tradicional i la sembra directa.....</i>	<i>13</i>
2.2.2 <i>Fertilitzants i tractaments protectors de les collites</i>	<i>15</i>
2.2.3 <i>Emissions i captació de CO₂.....</i>	<i>17</i>
2.2.4 <i>El conreu del blat i de l'ordi.....</i>	<i>18</i>
2.2.5 <i>El conreu de la colza i la rotació de conreus.....</i>	<i>19</i>
2.2.6 <i>El tortó com a coproducte del premsat de la colza.....</i>	<i>21</i>
2.3 ESTAT DE LA QÜESTIÓ REFERENT A L'OLI VEGETAL CRU COM A BIOCARBURANT	23
2.3.1 <i>Els olis vegetals crus com a biocarburants.....</i>	<i>23</i>
2.3.2 <i>Producció de l'oli vegetal cru i el seu ús com a biocarburant</i>	<i>24</i>
2.3.3 <i>Modificació d'un motor dièsel per funcionar amb oli vegetal cru com a biocarburant</i>	<i>27</i>
2.4 MODEL D'EXPLOTACIÓ, PROCESSAT I ÚS DE L'OLI VEGETAL	31
2.4.1 <i>Model d'explotació proposat.....</i>	<i>32</i>
2.4.2 <i>Condicionants pel dimensionat de la instal·lació de premsat.....</i>	<i>33</i>
2.5 VIABILITAT TÈCNICA DEL MODEL.....	35



2.5.1	<i>Processat de la llavor de colza.....</i>	36
2.5.2	<i>Estudi experimental del premsat de la colza.....</i>	36
2.5.3	<i>Estudi experimental del refinat de l'oli de colza.....</i>	39
2.5.4	<i>Conclusions dels estudis experimentals</i>	44
CAPÍTOL 3. ANÀLISI DE CICLE DE VIDA AMBIENTAL		45
3.1	ESTAT DE LA QÜESTIÓ DE L'ANÀLISI DE CICLE DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A)	46
3.1.1	<i>Història i enfocament de les ACV.....</i>	46
3.1.2	<i>Metodologia general de l'Anàlisi de Cicle de Vida</i>	48
3.1.3	<i>ACV-A. ACV aplicades a biocarburants</i>	51
3.2	AVALUACIÓ AMBIENTAL DEL MODEL D'EXPLOTACIÓ PROPOSAT.....	53
3.2.1	<i>Plantejament de l'ACV-A.....</i>	54
3.2.2	<i>Inventari per a la realització de l'ACV-A</i>	56
3.2.3	<i>Categories d'impacte escollides per a l'avaluació d'impactes.....</i>	65
3.2.4	<i>Resultats de l'ACV-A.....</i>	66
3.2.5	<i>Estudi de sensibilitat dels resultats ambientals.....</i>	70
3.2.6	<i>Conclusions de l'ACV-A.....</i>	72
CAPÍTOL 4. ANÀLISI DE CICLE DE VIDA ECONÒMIC		73
4.1	ESTAT DE LA QÜESTIÓ DE L'ANÀLISI DE CICLE DE VIDA ECONÒMIC (ACV-E)	74
4.1.1	<i>Història i enfocament de les ACV-E.....</i>	74
4.1.2	<i>Metodologia i variants de les ACV-E.....</i>	75
4.1.3	<i>Estat de desenvolupament actual de les ACV-E.....</i>	76
4.2	AVALUACIÓ ECONÒMICA DEL MODEL D'EXPLOTACIÓ PROPOSAT	77
4.2.1	<i>Plantejament de l'ACV-E.....</i>	78
4.2.2	<i>Inventari per a la realització de l'ACV-E</i>	79
4.2.3	<i>Externalitats i estratègies polítiques que afecten al model</i>	82
4.2.4	<i>Factors econòmics considerats en el model proposat.....</i>	84
4.2.5	<i>Resultats econòmics del model proposat.....</i>	87
4.2.6	<i>Efecte de les regulacions polítiques sobre els resultats</i>	89
4.2.7	<i>Expectatives d'evolució dels resultats econòmics</i>	94
4.2.8	<i>Conclusions de l'ACV-E.....</i>	95
CAPÍTOL 5. ANÀLISI DE CICLE DE VIDA SOCIAL		97
5.1	ESTAT DE LA QÜESTIÓ DE L'ANÀLISI DE CICLE DE VIDA SOCIAL (ACV-S)	98
5.1.1	<i>Història i enfocament de l'ACV-S.....</i>	98
5.1.2	<i>Metodologia de l'ACV-S en relació amb l'ACV-A.....</i>	100
5.1.3	<i>Marc tècnic de l'ACV-S.....</i>	104
5.1.4	<i>Tipus d'avaluació d'impactes i models de caracterització</i>	108

5.1.5	<i>Com s'obtenen les dades per una ACV-S? Els indicadors.....</i>	111
5.1.6	<i>Necessitats de recerca en les ACV-S.....</i>	114
5.2	AVALUACIÓ SOCIAL DEL MODEL D'EXPLOTACIÓ PROPOSAT.....	115
5.2.1	<i>Plantejament de l'ACV-S.....</i>	115
5.2.2	<i>Identificació de les categories i subcategories d'impacte.....</i>	119
5.2.3	<i>Indicadors específics per a la fase agrícola del cicle de vida.....</i>	123
5.2.4	<i>Caracterització de la subcategoria "sou just"</i>	130
5.2.5	<i>Conclusions de l'ACV-S.....</i>	137
CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS, APORTACIONS I TREBALL DE FUTUR		139
6.1	CONCLUSIONS	139
6.2	APORTACIONS I PUBLICACIONS REALITZADES	142
6.3	TREBALL FUTUR	145
BIBLIOGRAFIA.....		147
ANNEXOS.....		163
A.1	PNT VOL137: DETERMINACIÓ DE L'ÍNDEX D'ACIDESA D'UN OLI DE COLZA.....	163
A.2	PNT VIS118: DETERMINACIÓ DE FÒSFOR EN OLI DE COLZA.....	166
A.3	RECULL DE LES TAULES D'INVENTARI PER L'ACV	171
A.4	RECULL DE TAULES DE RESULTATS DE L'ACV-A.....	175
A.5	DEFINICIÓ DE LES SUBCATEGORIES D'IMPACTE (ACV-S).....	180
A.6	INDICADORS DE LES SUBCATEGORIES D'IMPACTE SELECCIONADES (ACV-S).....	185
A.7	ARTICLES PUBLICATS	188



NOMENCLATURA

Llistat d'acrònims

Acrònim	Significat
ACB	Anàlisi cost-benefici (Cost Benefit Analysis, CBA)
ACV	Anàlisi de cicle de vida
ACV-A	Anàlisi de cicle de vida ambiental de SETAC / ISO (Life Cycle Assessment, LCA)
ACV-E	ACV de tipus econòmic (Life Cycle Costing, LCC)
ACV-S	ACV social (Social or Societal Life Cycle Assessment, sLCA)
ACV-Sost	Anàlisi de cicle de vida de la sostenibilitat (Sustainability Impact Assessment)
PERA	Potencial d'esgotament de recursos abiòtics (kg Sb-equiv.), de l'anglès Abiotic Depletion (ADP)
AICV	Avaluació d'impactes del cicle de vida (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)
CML	Institut de Ciències Ambientals de la Universitat de Leiden. (Institute of Environmental Sciences at Leiden University)
COV	Compostos orgànics volàtils
EROI	Retorn d'energia invertida (Energy Return On Investment)
FEDNA	Fundació espanyola per al desenvolupament de la nutrició animal
GCA	Gestió del cicle de vida (Life Cycle Management, LCM)
GEH	Gasos d'efecte hivernacle (Greenhouse gases)
ICV	Inventari del cicle de vida (Life Cycle Inventory, LCI)
IPCC	Grup intergovernamental d'experts sobre el Canvi. (Intergovernmental Panel on Climate Change)
OPEP	Organització de països exportadors de petroli



OVC	Oli vegetal cru per a ser usat com a biocarburant
PA	Potencial d'acidificació (kg de SO ₂ -equiv.), de l'anglès Acidification Potential (AP)
PAC	Política agrícola comú (Common Agricultural Policy, CAP)
PCI	Poder calorífic inferior
PCOT	Potencial de formació d'ozó troposfèric (kg etè-equiv.), de l'anglès Photochem. Ozone Creation Potential (POCP)
PCS	Poder calorífic superior
PE	Potencial d'eutrofització (kg de fosfat-equiv.), de l'anglès Eutrophication Potential (EP)
PEAD	Potencial d'ecotoxicitat en l'aigua dolça (kg DCB-equiv.), de l'anglès Freshwater Aquatic Ecotoxicity Pot. (FAETP inf.)
PEAM	Potencial d'ecotoxicitat en l'aigua marina (kg DCB-equiv.), de l'anglès Marine Aquatic Ecotoxicity Pot. (MAETP inf.)
PECO	Potencial d'esgotament de la capa d'ozó (estat d'equilibri) (kg R11-equiv.), de l'anglès Ozone Layer Depletion Potential (ODP, steady state)
PEG	Potencial d'escalfament global (100 anys) (kg de CO ₂ equivalent.), de l'anglès Global Warming Potential (GWP 100 years)
PET	Potencial d'ecotoxicitat terrestre (kg DCB-equiv.), de l'anglès Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP inf.)
PTH	Potencial de toxicitat humana (kg DCB-equiv.), de l'anglès Human Toxicity Potential (HTP inf.)
REC	Rati d'energia en el conreu
RSC	Responsabilitat social corporativa (Corporate Social Responsibility, CSR)
SCR	Reductor catalític selectiu (Selective Catalytic Reductor)
SETAC	Societat de toxicologia i química ambiental (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)
UNEP	Programa ambiental de les Nacions Unides (United Nations Environment Programme)

RESUM

La introducció de la colza en la rotació de conreus i la producció i ús d'oli vegetal cru (OVC) com a biocarburant per autoconsum agrícola presenten alguns avantatges respecte al sistema tradicional de conreu de la Catalunya central, com una major productivitat i la capacitat d'autoabastament de combustible.

El principal objectiu d'aquesta tesi és estudiar la viabilitat ambiental i econòmica de l'autoconsum d'oli vegetal cru en una explotació agrícola. També es planteja l'avaluació social mitjançant la metodologia de l'anàlisi de cicle de vida.

A partir de les dades recopilades es defineix un model agrícola parametritzat, essent el camp el principal element i tenint en compte els fluxos d'entrada i sortida del mateix i dels processos que el complementen. Aquest model permet avaluar diferents escenaris de producció, que inclouen la rotació tradicional (blat, ordi i guaret), la rotació actual (blat i ordi) i la rotació proposada (colza, blat i ordi). Addicionalment el model també té en compte el processat de la llavor i l'ús de dièsel o oli vegetal com a carburants en la maquinària agrícola.

Cal remarcar que el model proposat no pretén produir OVC com a substitut del dièsel per al transport, sinó que brinda la possibilitat de produir el combustible que es consumeix en una explotació usant una part de les terres conreades.

En el context d'aquest model es realitza un estudi del processat mecànic de la colza per l'obtenció d'oli vegetal i un estudi sobre la seva adequació per ser usat com a carburant. Primer s'analitza l'índex d'acidesa en funció de la temperatura de premsat per determinar el punt òptim de treball. Seguidament, a partir del contingut en fòsfor s'estudien els processos de post-tractament de l'oli obtingut (filtrat i desgomat).

L'anàlisi de cicle de vida (ACV) és la metodologia emprada per avaluar el model en les tres branques de la sostenibilitat (ambiental, econòmica i social). Aquesta metodologia



permet estudiar processos productius de manera exhaustiva i avaluar-los de forma quantitativa. Es duu a terme una ACV ambiental seguint la metodologia ja desenvolupada i es realitza una ACV econòmica a partir de la guia vigent, tot i no existir normativa específica com en el cas de l'ACV ambiental. La metodologia de l'ACV social encara es troba en els seus inicis i per tant, tot i que es detalla com s'ha de realitzar, l'ACV social del model proposat no es pot completar.

L'avaluació ambiental del model mostra certa preferència per l'ús de l'OVC en front al dièsel, tot i que encara queda camí per optimitzar i ajustar els motors tèrmics on s'ha d'utilitzar l'OVC per ajustar-ne les emissions. El rendiment de la fase de premsat i l'origen de l'electricitat consumida també són punts que tenen una gran influència en els resultats. Aquests factors són clau per obtenir en el futur una reducció important dels impactes ambientals.

A partir de l'avaluació econòmica es detecta un clar interès econòmic per introduir la colza en la rotació de conreus actual. Per altra banda, el processat de la colza i l'ús de l'OVC representen econòmicament una petita disminució en el benefici (8,0%). Aquesta diferència queda reduïda a menys de la meitat si el dièsel agrícola no es subvenciona i es tenen en compte les emissions de CO₂ segons el mercat del carboni. Aquestes improbables mesures polítiques poden afavorir un major rendiment econòmic del model proposat. Per altra banda, el model proporciona una menor dependència en front a les variacions del preu de mercat del dièsel.

Finalment, en el context de desenvolupament actual de la metodologia d'avaluació social, es defineixen nous indicadors i es planteja el càlcul d'una categoria d'impacte social a partir del càlcul dels seus corresponents indicadors. Per a futurs estudis seria interessant disposar d'una metodologia d'ACV social ben desenvolupada per poder avaluar el model proposat enfront a l'actual, ja que és en la part social on s'intueixen les majors diferències entre els dos sistemes estudiats.

RESUMEN

La introducción de la colza en la rotación de cultivos y la producción y uso de aceite vegetal crudo como biocarburante para autoconsumo agrícola presentan ciertas ventajas respecto al sistema tradicional de cultivo de la Cataluña central, como una mayor productividad y la capacidad de autoabastecimiento de combustible.

El principal objetivo de esta tesis es estudiar la viabilidad ambiental y económica del autoconsumo de aceite vegetal crudo en una explotación agrícola. También se plantea la evaluación social mediante la metodología del análisis de ciclo de vida.

A partir de los datos recogidos se define un modelo agrícola parametrizado. Este modelo permite evaluar diferentes escenarios de producción, incluyendo la rotación tradicional (trigo, cebada y barbecho), la rotación actual (trigo y cebada) y la rotación propuesta (colza, trigo y cebada). Además, el modelo tiene en cuenta el procesado de la semilla y el uso de gasóleo o aceite vegetal como carburantes en la maquinaria agrícola.

Cabe destacar que el modelo propuesto no pretende producir OVC para sustituir el gasóleo para el transporte, sino que ofrece la posibilidad de producir el combustible que se consume en una explotación usando una parte de las tierras cultivadas.

En el contexto de este modelo se realiza un estudio del procesado mecánico de la colza para la obtención de aceite vegetal y un estudio sobre su adecuación para ser usado como carburante. Primero se analiza el índice de acidez en función de la temperatura de prensado para determinar el punto óptimo de trabajo. Consecutivamente, usando el contenido en fósforo del aceite se estudian los procesos de post-tratamiento del aceite obtenido (filtrado y desgomado).

El análisis de ciclo de vida (ACV) es la metodología empleada para evaluar el modelo en las tres vertientes de la sostenibilidad (ambiental, económica y social). Esta metodología permite estudiar procesos productivos de manera exhaustiva y evaluarlos de



forma cuantitativa. Se lleva a cabo un ACV ambiental siguiendo la metodología ya desarrollada y se realiza un ACV económico a partir de la guía vigente, a pesar de no existir normativa específica como en el caso del ACV ambiental. La metodología del ACV social aún se encuentra en sus inicios y por lo tanto, aunque se detalla cómo se debe realizar, no se puede completar el ACV social del modelo propuesto.

La evaluación ambiental del modelo muestra cierta preferencia por el uso del aceite vegetal crudo frente al gasóleo, aunque todavía se pueden optimizar y ajustar los motores térmicos para utilizar el aceite vegetal y ajustar sus emisiones. El rendimiento de la fase de prensado y origen de la electricidad consumida también son puntos que tienen una gran influencia en los resultados. Estos factores son clave para reducir los impactos ambientales en el modelo propuesto.

A partir de la evaluación económica se detecta un claro interés económico para introducir la colza en la rotación de cultivos actual. Por otra parte, el procesado de la colza y el uso de la OVC representan económicamente una pequeña disminución en el beneficio (8,0%). Esta diferencia queda reducida a menos de la mitad si el gasóleo agrícola no se subvenciona y se tienen en cuenta las emisiones de CO₂ en función del mercado del carbono. Estas improbables medidas políticas pueden favorecer la viabilidad económica del modelo propuesto. Por otra parte, el modelo proporciona una menor dependencia frente a las variaciones del precio de mercado del gasóleo.

Finalmente, en el contexto de desarrollo actual de la metodología de evaluación social, se definen nuevos indicadores y se plantea el cálculo de una categoría de impacto social a partir del cálculo de sus correspondientes indicadores. Para futuros estudios sería interesante disponer de una metodología de ACV social bien desarrollada para poder evaluar el modelo propuesto frente al modelo actual, ya que es en la parte social donde se intuyen las mayores diferencias entre los dos sistemas estudiados.

ABSTRACT

The introduction of rapeseed in the crop rotation and the production and use of straight vegetable oil (SVO) as self-supply biofuel in agricultural machinery have some advantages over the traditional cultivation system of Catalonia central region. These advantages can be summarized in a greater productivity and the capacity to supply its own farm fuel.

The main objective of this PhD is to study the environmental and economic feasibility of the SVO self-supply in a farm. This work also handles the social assessment using the life cycle analysis methodology.

A parameterized agricultural model is defined according the collected data. The model takes into account the input and output flows of the field, as long as the other processes of the proposed farm model. This model allows the evaluation of different production scenarios, including the traditional crop rotation (wheat, barley and fallow), the current crop rotation (wheat and barley) and the proposed crop rotation (rapeseed, wheat and barley). Additionally, the model takes into consideration the processing and use of diesel or SVO as fuel in the agricultural machinery.

Note that the proposed model is not intended to produce OVC to be a diesel substitute for transport. On the other hand, it provides the chance to produce fuel for its consumption in the field work using a portion of the cultivated land.

In the model framework, a study of the mechanical processing of rapeseed into oil and a study of its suitability for its use as fuel are carried out. First the acidity index is analyzed to determine the optimal working point regarding the pressing temperature. After that, the phosphorus content is analysed to evaluate the oil refining treatments (filtering and degumming).



Life cycle assessment (LCA) methodology is used to evaluate the model in the three pillars of sustainability (environmental, economic and social). This method allows the production processes evaluation and their quantitative assessment. An environmental LCA is carried out using the already developed methodology and the current regulations. The economic LCA is done according to the published guidelines, as there is no specific regulation developed. The social LCA methodology is still in its early stages and therefore, even giving the details on how to perform it, the social evaluation of the proposed model can not be completed.

The environmental assessment of the model shows a slight preference for SVO in front of diesel. However, the results can be improved by a better optimization and adjustment of diesel engines to use SVO, which can lower their emissions. The pressing yield and the electrical mix are processes that have also a high influence on the results. These key factors can lead to a significant reduction of environmental impacts in the future.

From the economic evaluation, a clear economic interest to introduce rapeseed in the current crop rotation is revealed. Conversely, the processing of rapeseed and the use of SVO leads to a small profit decrease (8,0%). This difference is reduced by more than a half if agricultural diesel was not subsidized and if the CO₂ emissions were accounted according to the carbon market. These unlikely policy measures may promote the economic viability of the proposed model. Even though, the use of self-supplied SVO in farming can help to reduce the dependency on fuel price flux, giving independence to the farmer.

Finally, in the current development context of the social assessment methodology, new indicators are defined and the calculation of a social impact category based on the calculation of its corresponding indicators is presented. The major differences between the two systems studied are expected to be found in their social assessment. Thus, further well-developed social LCA methodology will be necessary to evaluate the proposed model against the current system.

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ

1.1 Objectius de la tesi

L'objectiu principal d'aquesta tesi és proposar un model agrícola que inclogui la producció d'oli vegetal cru per autoconsum i l'ús dels coproductes en l'entorn immediat i estudiar-ne la viabilitat ambiental i econòmica. Finalment, es vol plantejar també la seva avaluació social mitjançant la metodologia de l'anàlisi de cicle de vida (ACV).

Es pretén arribar al disseny detallat de tot el model agrícola, essent el principal element el camp i tenint en compte els fluxos d'entrada i sortida del mateix. Tot i això, no es contempla la posada en funcionament d'aquest model dins la tesi.

Es vol caracteritzar el conreu a la zona de la Catalunya central (comarca de l'Anoia) de manera que es pugui modelitzar una explotació agrícola per poder avaluar la rotació de conreus. Aquesta modelització ha de permetre tenir en compte la introducció de la colza per a produir oli vegetal cru per al seu ús com a biocarburant en la maquinària agrícola.

Un pas previ al desenvolupament de la modelització és proposar un sistema d'explotació, processat i ús de l'oli i els coproductes generats amb la determinació dels seus requeriments. Es proposa també l'anàlisi de paràmetres crítics en el premsat, filtrat i desgomat de la colza: l'índex d'acidesa i el contingut en fòsfor.

Es contempla la modelització del sistema proposat des de la perspectiva de l'anàlisi de cicle de vida per avaluar el seu impacte ambiental, així com la creació d'un model



econòmic per avaluar les diferents possibilitats i les diferents variables que intervenen en el model. També es pretén plantejar una avaluació social en base a l'anàlisi de cicle de vida per a l'avaluació completa de la sostenibilitat del model proposat.

L'estudi presentat en aquesta tesi es centra en determinar la viabilitat de l'ús de l'oli vegetal per autoconsum com a carburant en maquinària agrícola a nivell de cooperativa en l'àmbit geogràfic de la Catalunya central i altres zones cerealistes frescals. Així mateix, els models obtinguts i les dades recollides permetran establir la viabilitat i avaluar la sostenibilitat en altres zones canviant els paràmetres necessaris en el model.

1.2 Interès dels biocombustibles

L'increment de la demanda energètica, l'esgotament del petroli, la inestabilitat dels preus dels combustibles i la preocupació per l'escalfament global són factors clau per centrar l'atenció en les fonts d'energia renovables i en particular la bioenergia [Morrone *et al.* 2009].

La necessitat d'utilitzar combustibles més respectuosos amb el medi ambient que el petroli i els seus derivats és quelcom indiscutible. És per això que la Comissió Europea va proposar l'objectiu d'aconseguir la substitució d'un 20% dels combustibles fòssils per biocombustibles¹ de cara al 2020 [Directive-2003/30/EC 2003, European Commission 2007]. Gràcies a aquesta determinació, l'ús de biocombustibles i en concret de biocarburants ha augmentat considerablement els darrers anys.

Cal tenir present en tot moment l'origen de la matèria primera i dels processos de transformació necessaris per a obtenir els biocombustibles, ja que la sostenibilitat d'aquests és fonamental per a la seva generalització. La sostenibilitat consisteix en trobar l'equilibri entre factors ambientals, econòmics i socials. En aquest context, és un fet reconegut des del 2007 que la producció de biocombustibles a gran escala pot no ser sostenible [Mol 2007, Scharlemann *et al.* 2008], fins i tot provocant impactes superiors en la seva producció als que s'eviten estalviant combustibles fòssils [Bindraban *et al.*

¹ Biocombustible: combustible derivat de la biomassa (organismes vius o els seus residus metabòlics).

2009, Goldemberg *et al.* 2009, Reijnders *et al.* 2008, Taheripour *et al.* 2010, von Blottnitz *et al.* 2007]. Sense una explotació sostenible d'un recurs, aquest deixaria de tenir sentit com a recurs renovable.

Els biocarburants² són una part molt important dels biocombustibles, ja que el transport juga un paper important en la demanda mundial d'energia total. La **Figura 1-1** presenta una classificació general dels biocarburants en funció de la seva matèria primera i el procés de producció a que se sotmet.

Biocarburants de primera generació (de llavors, grans o sucres)	Biocarburants de segona generació (de biomassa lignocel·lulòsica, com residus de conreus, conreus llenyosos o herbacis)	Biocarburants de tercera generació (d'algues)
<p>→ Substituts de la gasolina</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ethanol o butanol obtinguts de la fermentació de midons (blat de moro, blat, patates) o sucres (remolatxa sucrera, canya de sucre) <p>→ Substituts del dièsel</p> <ul style="list-style-type: none"> – Biodièsel obtingut de la transesterificació d'olis vegetals, també conegut com FAME (fatty acid methyl ester) i FAEE (fatty acid ethyl ester) – +De la colza (RME), soja (SME), gira-sol, coco, palma, jatropha, oli de cuinar reciclat i greixos animals. – Oils vegetals crus (OVC) 	<p>→ Substituts de la gasolina produïts bioquímicament</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ethanol o butanol obtinguts mitjançant l'hidròlisi enzimàtica <p>→ Substituts de la gasolina produïts termoquímicament</p> <ul style="list-style-type: none"> – Metanol – Gasolina obtinguda pel procés Fischer-Tropsch – Mescla d'alcohols <p>→ Substituts del dièsel produïts termoquímicament</p> <ul style="list-style-type: none"> – Dièsel obtingut pel procés Fischer-Tropsch – Dimetil èter (també substitut del propà) – Dièsel verd (fraccions de destil·lació d'olis) 	<p>→ A partir d'oli extret del premsat de les algues</p> <ul style="list-style-type: none"> – Amb la transesterificació de l'oli obtingut es pot generar l'equivalen al biodièsel <p>→ A partir de la producció de les pròpies algues</p> <ul style="list-style-type: none"> – Recollida de l'etanol que produeixen alguns tipus d'algues mentre estan vives <p>→ A partir de la biomassa de les algues</p> <ul style="list-style-type: none"> – A través del "cracking" biocatalític i el destil·lat es poden produir substituts per la gasolina, el dièsel, ...

Figura 1-1 Classificació dels biocarburants.

En l'actualitat, els biocarburants més importants són la primera generació d'etanol i biodièsel (ester metílic). L'etanol com a biocarburant de primera generació es produeix principalment a partir de cultius rics en sucre (canya de sucre, rave) o midó (cereals, patates) i es pot utilitzar en els motors de cicle Otto en mescla directa amb benzina o com additiu per millorar l'octanatge (ETBE). Els esters metílics són derivats de llavors oleaginoses (colza, gira-sol, soja, palma) verges i/o reciclats, i són aptes per al seu ús en motors dièsel. Un tercer tipus de biocarburants són els olis vegetals sense modificació química, que poden ser emprats en els motors dièsel prèvia modificació dels mateixos.

² Biocarburant: carburant obtingut a partir de matèries orgàniques no fòssils. Biocombustible destinat al seu ús en motors tèrmics.



Els biocarburants de segona generació són els que es produeixen a partir de biomassa lignocel·lulòsica, mitjançant tecnologies termoquímiques de gasificació, piròlisi o termòlisi de la biomassa. Els principals biocarburants de segona generació són el bioetanol (produït a partir de la hidròlisi enzimàtica de matèries lignocel·lulòsiques), el biodièsel (obtingut mitjançant procés de Fischer-Tropsch a partir de biomassa lignocel·lulòsica), el biometanol i el BioDME (dimetil èter), ambdós últims també a partir de biomassa lignocel·lulòsica. Els biocombustibles de primera generació deriven bàsicament de matèries destinades també al consum humà: canya de sucre, blat de moro, blat, soja, colza, palma, gira-sol, coco, etc. És per això que el fet de produir energia a partir d'ells pot entrar en competència amb l'alimentació. La segona generació de biocombustibles empenen matèries que no entren en competència amb l'alimentació, i per això és interessant el seu desenvolupament. Tot i això, la segona generació requereix en general de processos més complexes de transformació, de manera que el seu ús no és tan immediat.

La tercera generació de biocarburants encara està en fase de desenvolupament, tot i que ja es comencen a desenvolupar algunes plantes de producció amb algues en diversos llocs del món.

Els biocombustibles i en concret els biocarburants de primera generació també presenten problemes ambientals i sobretot socials, principalment degut a l'ús de terres de conreu que per a produir la matèria primera dels biocarburants deixen de produir aliments [Russi 2008]. També cal comptar els impactes generats durant el processat de les matèries primeres per arribar al biocarburant, ja sigui la digestió per a l'obtenció d'alcohols substituïts de la gasolina (etanol) o bé el refinat i la transesterificació per a l'obtenció de metil esters substituïts del gasoil (biodièsel).

Per altra banda, la **Directiva Europea 2003/30/EC [2003]** va establir que la quota d'energia procedent de biocarburants en el sector del transport ha de ser del 2% per al 2005 i del 5,75% el 2010 [**Directive-2003/30/EC 2003**]. L'última estratègia energètica europea, acordada el març de 2007, augmenta la fita fins al 10% el 2020. Per tal que l'objectiu del 5,75% de l'energia utilitzada per al transport el 2010 provingui de biocarburants, és necessari l'equivalent d'un cinquè de les terres cultivables al territori espanyol. De la mateixa manera, per aconseguir l'objectiu per a l'any 2020, faria falta encara més quantitat de terra.

Això ens porta a importar necessàriament biocarburants per a poder complir amb els objectius europeus marcats i suplir la falta de terres destinades a produir-ne. Per això mateix, alguns autors [Resch *et al.* 2008, Russi 2008] expliquen que la producció de biocarburants de primera generació a gran escala entra en competició directa amb els mercats alimentaris, mentre d'altres [Goldemberg *et al.* 2009] argumenten que aquestes preocupacions són exagerades. En una altra línia, hi ha autors que argumenten que aquesta competència entre aliments i carburants es pot aprofitar per part dels pagesos i alhora aprofitar el potencial de la Unió Europea de reduir la importació de petroli entre un 6% i un 28% [Baka *et al.* 2009].

1.3 Interès de la sostenibilitat

Actualment s'està parlant molt i s'està produint una substitució parcial de les energies fòssils (petroli, carbó, ...) per energies renovables (biomassa, energia solar, energia eòlica, ...) degut principalment a la conscienciació sobre el canvi climàtic [IPCC 2006]. Cal tenir en compte però, que en el cas concret dels biocombustibles hi pot haver, tal com s'ha comentat abans, la problemàtica dels efectes col·laterals, és a dir, que el fet de conrear, processar i usar els biocombustibles, acabi tenint un efecte negatiu sobre el nostre entorn. Caldrà doncs, assegurar la sostenibilitat dels biocombustibles.

La sostenibilitat d'un producte o procés consisteix en trobar l'equilibri entre factors ambientals, econòmics i socials. Es pot fer una representació esquemàtica d'aquests tres pilars fonamentals mitjançant un diagrama de Venn com el mostrat a la **Figura 1-2**.

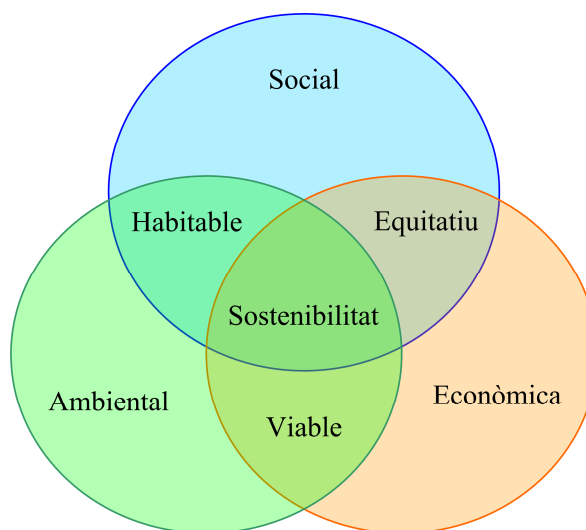


Figura 1-2 Diagrama de Venn representant els tres pilars de la sostenibilitat.



Actualment, el terme “sostenibilitat” es relaciona directament amb el desenvolupament mundial: “*El desenvolupament sostenible és aquell que satisfà les necessitats del present sense comprometre la capacitat de les generacions futures per satisfer les seves pròpies necessitats*”. Aquesta famosa definició de “desenvolupament sostenible” prové de l’informe Brundtland [Brundtland *et al.* 1987] i fa èmfasi en la responsabilitat que la humanitat té cap a les generacions futures.

Tot i que aquesta afirmació no és fàcil de dur a la pràctica (i potser precisament per això) ha estat emprada en la política, tal i com es veu reflectit en la definició de “sostenibilitat” pel Gran Diccionari de la Llengua Catalana: “*Sostenibilitat: f ECOL/ECON Conjunt de polítiques destinades a fer compatible el creixement econòmic i la preservació de la biodiversitat i evitar, en darrer terme, la degradació de la biosfera provocada per l’acció humana*”.

Per tal d’avaluar la sostenibilitat, el model dels tres pilars és el més acceptat per la indústria, també anomenat *triple línia de base* (de l’anglès “triple bottom line”, TBL). Aquest model diu en essència que per aconseguir la sostenibilitat, els aspectes ambientals, els econòmics i els socials han d’estar equilibrats entre ells, formant els “tres pilars” de la sostenibilitat [Hunkeler *et al.* 2005, Klopffer 2008, Wikstrom 2010], representats a la **Figura 1-2**.

El terme “sostenibilitat” s’utilitza molt, i a vegades de forma incorrecta sobretot en la política però també en el medi ambient. A través de la història s’ha anat perfilant el terme i acotant el seu ús. Tot i així, és necessari poder quantificar la sostenibilitat, ja sigui per l’avaluació de productes (béns i serveis) o per avaluar grans sistemes polítics o macroeconòmics. També és interessant poder avaluar la sostenibilitat de centres de producció i d’empreses.

El primer ús dels tres pilars era un mètode anomenat “Produktlinienanalyse” dut a terme per l’Eco-Institut d’Alemanya el 1987 [Öko-Institut 1987], just el mateix any en que es va publicar l’informe Brundtland [Brundtland *et al.* 1987]. Aquesta “anàlisi de línia de productes” (actualment anomenada “anàlisi de la cartera de productes”) va ser un pre-ACV (abans de l’harmonització iniciada per SETAC i la posterior normalització per la ISO) que incloïa una avaluació d’impacte amb tres dimensions en comptes d’una de sola.

Per tant, la visió dels tres pilars de la sostenibilitat, ni és nova, ni és una invenció de la indústria.

Per altra banda, les Nacions Unides van declarar la sostenibilitat com el principi guia per al segle XXI a Rio de Janeiro el 1992. Deu anys més tard a Johannesburg, es va confirmar aquest principi i es va ampliar l'anàlisi de cicle de vida incorporant el *pensament de cicle de vida* (de l'anglès “life cycle thinking”) i la *gestió del cicle de vida* (de l'anglès “Life Cycle Management”, LCM). Malgrat tots els èxits en l'aspecte polític, continua essent necessari poder quantificar i dur a la pràctica l'anàlisi de la sostenibilitat.

L'anàlisi de cicle de vida (ACV) és una metodologia que permet estudiar els diferents factors mediambientals, i amb les seves variants es poden cobrir les vessants social i econòmica d'un producte o procés, cosa que el fa un mètode adequat per a estudis de la sostenibilitat.

L'ACV ambiental (ACV-A) permet avaluar els impactes ambientals que intervenen en un procés al llarg del seu cicle de vida amb tant detall com es consideri necessari. Possibilita la comparació ambiental de productes des del seu disseny, passant per les fases de fabricació i ús fins arribar al seu reciclatge i fi de vida. L'ACV també amplia els horitzons cap a l'anàlisi econòmic i social del procés estudiat. Per tant, emprant la mateixa base metodològica es pot arribar a caracteritzar amb molt detall cada una de les etapes del producte o procés estudiat. La vessant de l'ACV que tracta els costos es coneix com a Anàlisi de Cicle de Vida Econòmic (ACV-E, de l'anglès “Life Cycle Costing”, LCC) i segueix les mateixes pautes que l'anàlisi ambiental generant un model econòmic del procés. El mateix passa amb l'Anàlisi de Cicle de Vida Social (ACV-S, de l'anglès “Social Life Cycle Analysis”, SLCA), que incorpora l'avaluació d'impactes socials en l'anàlisi.

Històricament, en el primer simposi sobre ACV de SETAC fet a Leiden l'any 1991 es va establir que l'**ACV** era sinònim d'anàlisi de cicle de vida **ambiental**. Per tant, és clar des dels seus inicis que una anàlisi de sostenibilitat completa requereix de com a mínim dues vessants més, l'econòmica i la social. Després de deu anys i dues conferències mundials de les Nacions Unides (Rio de Janeiro i Johannesburg) es va establir la base per a completar l'ACV i poder dur a terme una anàlisi de sostenibilitat complet. L'origen de la sostenibilitat rau en la bona pràctica de cultiu dels boscos, la silvicultura. La llei bàsica de



la silvicultura és que no s'ha d'extreure més fusta del bosc de la que es pot regenerar a llarg termini. Aquesta llei actualment sembla òbvia, però quan es va definir no era una afirmació acceptable de forma directa [Kloepffer 2008].

Donada l'àmplia acceptació del model dels tres pilars [UNEP-SETAC 2009, Wood *et al.* 2010], és bastant obvi proposar la següent equació per l'Anàlisi de Cicle de Vida de la Sostenibilitat (ACV-Sost) [ISO-14040 2006, Kloepffer 2003]:

$$\text{Equació 1-1} \quad \text{ACV-Sost} = \text{ACV-A} + \text{ACV-E} + \text{ACV-S}$$

on ACV-A és l'anàlisi de cicle de vida ambiental, ACV-E és un ACV de tipus econòmic i ACV-S és un ACV social.

Existeixen però, uns requisits previs per a poder usar aquest esquema. El més important és que els límits del sistema de les tres anàlisis siguin consistents entre si (l'ideal és que fossin idèntics). Això implica que en l'ACV-E s'usi un ICV basat en la producció (i no en el màrqueting per exemple) per tal de tenir components quantificables de forma directa. La millor solució seria l'ús d'un mateix ICV per a les tres vessants. Sembla força clar però que l'ACV-S serà molt més exigent en quant a dades d'una regió que no pas l'ACV-A.

El motiu pel que és recomanable que els mètodes es basin en l'ACV és perquè s'han de poder reconèixer i evitar les compensacions mitjançant una avaluació del cicle de vida complet ("del bressol a la tomba"). Pel que fa a la sostenibilitat, evitar el trasllat dels problemes al futur és d'especial importància, degut la necessitat de la "justícia intergeneracional" [Brundtland *et al.* 1987].

1.4 Estructura de la tesi

Aquesta tesi s'estructura en 6 capítols més els annexes. El present capítol (**Capítol 1. Introducció**) recull els objectius a assolir per la present tesi i l'interès que presenten els biocombustibles i l'estudi de la sostenibilitat.

En el **Capítol 2** es proposa el model agrícola d'explotació prenent en consideració la regió on es centra l'estudi i l'estat de la qüestió dels conreus en aquesta regió i de l'oli vegetal cru com a biocarburant. També s'hi presenta el model d'explotació, processat i ús

de l'oli de colza proposat, a més d'un breu estudi de la viabilitat tècnica del model a petita escala.

L'avaluació ambiental del model proposat es fa en el **Capítol 3**, seguint la normativa específica per les ACV ambientals [ISO-14040 2006, ISO-14044 2006]. Per a les ACV econòmiques la normativa està en procés d'elaboració i ja n'existeixen diversos casos pràctics, als que es pot afegir el que es duu a terme en el **Capítol 4**. Les ACV socials es troben tot just en els seus inicis tal i com es mostra en el **Capítol 5**. És per això, que en aquest capítol es presenta l'estat actual de la metodologia i es fan aportacions amb la intenció de col·laborar al seu desenvolupament.

Finalment, el **Capítol 6** conté les conclusions generals de la tesi, les aportacions realitzades en el transcurs de la tesi junt amb els treballs publicats i el treball futur.



CAPÍTOL 2. **MODEL AGRÍCOLA PROPOSAT**

En aquest capítol primerament es fa una breu anàlisi sobre la regió on es centra l'estudi i es recullen les característiques dels principals conreus cerealistes i del conreu de la colza en forma d'estat de la qüestió referent a conreus. Seguidament es presenten els biocombustibles i, dins ells, els biocarburants.

A continuació es presenta el model agrícola proposat d'acord amb les característiques de la zona i els requeriments per a poder produir usar oli vegetal cru com a biocarburant a partir de la colza conreada en la pròpia explotació agrícola. Sobre aquest model es fan l'avaluació ambiental, econòmica i social al llarg de la present tesi. Es recopilen també els condicionants per al dimensionat d'una instal·lació de premsat que cobreixi les necessitats del model proposat.

Finalment s'avaluen dos paràmetres per la viabilitat tècnica del model a través d'un breu estudi sobre el premsat de la llavor de colza i el processat de l'oli obtingut per ajustar-lo a la norma **DIN 51605 [2010]**. En la fase de premsat es té en compte la velocitat de rotació de la premsa i la temperatura de sortida i emmagatzematge de l'oli obtingut tot controlant l'acidesa de l'oli obtingut. Pel que fa a la fase de processat, s'avaluen diferents etapes de filtrat i refinat per a reduir el contingut en fòsfor de l'oli de colza premsat en fred.



2.1 Regió on es centra l'estudi

La regió on es centra l'estudi s'ha de caracteritzar en termes agrícoles degut als paràmetres que intervindran en aquest treball. Aquesta regió comprèn geogràficament la comarca de l'Anoia i les comarques veïnes: Bages, Baix Llobregat, Alt Penedès, Alt Camp, Conca de Barberà, Segarra i Solsonès (veure **Figura 2-1**).

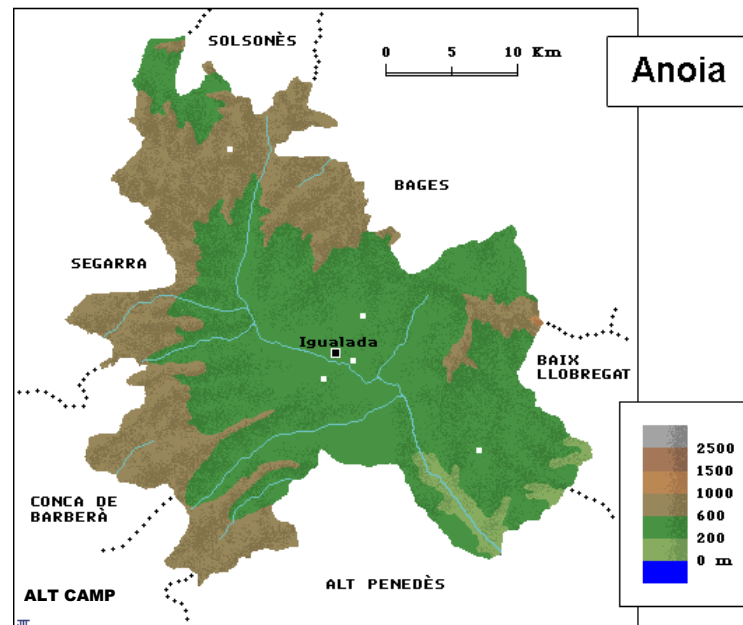


Figura 2-1 Mapa de la comarca de l'Anoia i les comarques veïnes [Xtec 2009].

Es tracta d'una zona cerealista fresca, situada a l'extrem oriental de la depressió Central Catalana, limítrofa amb la serralada Prelitoral.

Les condicions climàtiques de la regió de l'Anoia són bastant extremes. Pel que fa a pluviometria, la mitja anual se situa entre els 550 i 650 L/(m²·any) i els anys plujosos i secs en valors de 800 i 300 L/(m²·any) respectivament [Servei Meteorològic de Catalunya 2010].

2.2 Estat de la qüestió referent a conreus

Cal tenir present que l'agricultura hauria de complir amb els principis de sostenibilitat, incloent proporcionar suficient aliment de qualitat a preus assequibles. Tot i això, els conreus es realitzen amb una intensitat d'explotació òptima per proporcionar rendiment

econòmic màxim i normalment no es tenen en compte els aspectes mediambientals [Brenttrup *et al.* 2004].

A la comarca de l'Anoia, prenent dades de 1999 [Idescat 2010], de les 29586 ha de superfície agrícola utilitzada (SAU) existents a la comarca, les explotacions entre 20 i 100 ha concentren pràcticament el 75% de la superfície. Hi ha una clara predominança del blat i l'ordi en front a altres tipus de conreu (representen el 96% del cereal per a gra de la comarca). El conreu actual majoritari de la zona és per rotació amb un any de blat i tres anys d'ordi (BOOO). La major part d'aquest conreu és amb sembra tradicional. La introducció de conreus alternatius i altres mètodes de sembra com la sembra directa s'estan duent a terme, però no estan encara massa estesos a la comarca.

2.2.1 El conreu tradicional i la sembra directa

La diferència fonamental entre les tècniques de conreu tradicional i les de conreu de conservació (entre elles sembra directa) es troba sobretot en el llaurat del sòl:

- Conreu tradicional: sòl cobert en menys d'un 30% per residus vegetals. Consisteix en el llaurat tradicional en dues etapes. La primera és més profunda (300-400 mm de profunditat) seguida per una segona mitjançant un cultivador (100-150 mm de profunditat) [Lopez *et al.* 1997].
- Conreu mínim (tècnica de conreu de conservació): residus cobrint el terra almenys en un 30% de la superfície. Es realitza un mínim treball de la terra, consistent en un llaurat amb subsolador menys profund que en cas de conreu tradicional (25-30 cm) seguit d'un llaurat amb cultivador [Lopez *et al.* 1997].
- Sembra directa (tècnica de conreu de conservació): sòl sense alterar amb més del 70% cobert. Consisteix en sembrar sense haver llaurat des de la collita anterior, controlant les plantes competidores mitjançant herbicides o rotacions de conreu [Lopez *et al.* 1997].

La productivitat del sòl agrícola al llarg dels anys de conreu va disminuint degut a la reducció de la matèria orgànica present en la capa més superficial del sòl. Quan es llaura el sòl, es modifica l'atmosfera interior del mateix tot ingressant-hi oxigen de l'atmosfera



externa, que afavoreix els processos oxidatius de la matèria orgànica i allibera CO_2 a l'atmosfera. Aquesta pèrdua de matèria orgànica allibera una gran quantitat de nutrients, cosa que augmenta la fertilitat immediata del sòl. D'altra banda, es produeix una disminució de la densitat aparent i de la resistència a la penetració de la capa llaurable.

Aquesta mecànica, explica el fet que llaurar permet majors produccions que la sembra directa, però es tracta d'un efecte només a curt termini. Si es repeteix el procés successivament, la matèria orgànica disponible disminueix, i consegüentment disminueix també el rendiment de la collita. A més, la matèria orgànica forma part de l'estructura del sòl, i el fet que disminueixi, redueix la permeabilitat i l'airejament natural del sòl, permetent la seva erosió [Melero *et al.* 2009].

L'agricultura tradicional (llaurant) pot ser considerada una activitat emissora de CO_2 , doncs en llaurar any rere any el sòl es produeix una oxigenació violenta i deixa exposades diverses fraccions de matèria orgànica a l'acció de la biomassa microbiana. Aquesta acceleració de l'activitat natural del sòl, fa que el balanç final de carboni en el sòl sigui negatiu. La disminució de la matèria orgànica, és en forma de CO_2 a l'atmosfera, amb resultats negatius per a la productivitat del sòl a llarg termini.

En contraposició a l'agricultura tradicional, la sembra directa és una tècnica d'agricultura de conservació, que engloba les tècniques de gestió del sòl que pretenen reduir l'impacte que té el conreu intensiu sobre la fertilitat del sòl i el medi ambient. Aquestes basen la millora del sòl gràcies a l'ús dels residus dels cultius, que passen a ser considerats aportació orgànica i barrera física protectora. Per aquest motiu, l'agricultura de conservació tendeix a simplificar al màxim les intervencions mecàniques, procurant aconseguir una distribució homogènia de residus vegetals en superfície.

La sembra directa planteja sistemes productius agrícoles no basats en la necessitat de llaurar. Si es realitza correctament, combinada amb la rotació de conreus (per evitar la proliferació de plagues i males herbes) i la reposició de nutrients al sòl, la sembra directa afavoreix el segrest de carboni en augmentar el percentatge de matèria orgànica del sòl [Guy *et al.* 2002]. Els residus dels conreus són descomposts lentament pels organismes del sòl, produint l'acumulació de matèria orgànica. D'altra banda, l'absència de llaurades fa que la quantitat de matèria orgànica no disminueixi de cop, sinó que propicia el seu augment.

Tot i els avantatges ambientals i econòmics a llarg termini, el conreu de conservació i en concret el que no requereix llaurat (sembra directa) no està massa estès i a més genera reticències entre els pagesos tot i ser l'opció necessària per mantenir la rendibilitat de les explotacions segons indica **Sanchez-Giron *et al.* [2004]**.

2.2.2 Fertilitzants i tractaments protectors de les collites

Degut a l'increment de la població mundial, han sorgit tècniques noves de conreu per tal d'incrementar la producció per unitat de superfície. És imprescindible també aportar els nutrients necessaris per tal que les collites puguin créixer de forma adequada. Alhora, obtenir un major rendiment per hectàrea conreada és el principal motiu per a l'ús ja des de fa anys de fertilitzants orgànics i per al desenvolupament de fertilitzants minerals.

Les necessitats de qualsevol collita es centren principalment en tres nutrients principals: nitrogen (N), fòsfor (P) i potassi (K) **[TFI 2009]**.

- Nitrogen (N): és un component primordial de tots els organismes. És essencial per a la síntesi de proteïnes, ajuda a mantenir les plantes verdes i és un component crític de l'estructura del sòl.
- Fòsfor (P): es troba en cada cèl·lula viva. El fòsfor és un component de l'ADN i també té un paper clau en la captació de llum durant la fotosíntesi. Ajuda a germinar les llavors i a que les plantes utilitzin l'aigua eficientment. Les plantes també usen el fòsfor per a combatre l'estrès extern i prevenir malalties.
- Potassi (K): és essencial per al funcionament de tota cèl·lula viva. Exerceix un paper important en la utilització d'aigua de la planta i també ajuda a regular la fotosíntesi. Altres aspectes de la salut de les plantes influenciats pel potassi inclouen el creixement de tiges fortes, la protecció contra les temperatures extremes i la capacitat de combatre l'estrès i les plagues com per exemple les males herbes i els insectes.

També són necessaris tres nutrients secundaris (calci, magnesi i sofre) per al bon desenvolupament de les plantes i altres nutrients en menor proporció (micronutrients: bor, zinc, ferro, coure, manganès, molibdè, clor) **[EFMA 2008]**.



Un esquema dels nutrients necessaris per al desenvolupament de les collites es pot veure a la **Figura 2-2**.

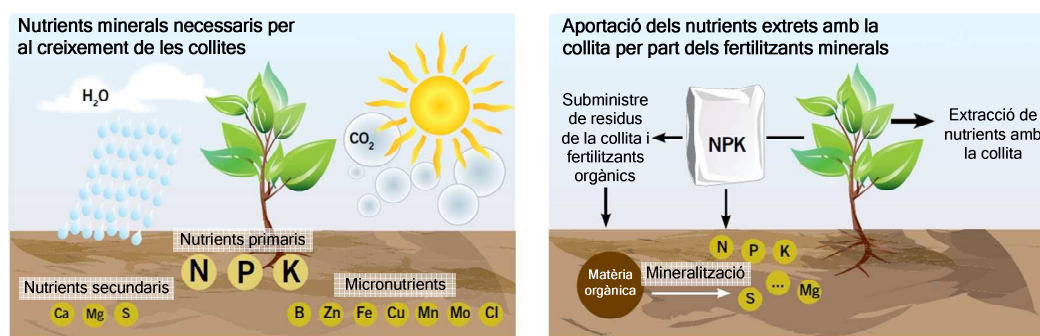


Figura 2-2 Nutrients necessaris per al desenvolupament de les collites [EFMA 2008].

Per tal que les collites prosperin, aquestes no només depenen dels fertilitzants aportats. També es fa necessària l'aplicació d'herbicides, insecticides i fungicides. Els insecticides i els fungicides s'apliquen respectivament en cas de risc de plagues i en anys molt humits. Aquestes aplicacions solen ser puntuals a la nostra zona i concentrades en èpoques de necessitat específica. Pel que fa als herbicides, s'ha de tenir en compte les plantes a les quals van destinats. A nivell general, distingim entre plantes de fulla estreta (cereals en general) i plantes de fulla ampla (per exemple la colza). Els herbicides genèrics per a plantes de fulla ampla (Brioxil i Mustang) o fulla estreta (Fusilade o Focus), seran molt efectius i relativament econòmics. Existeixen també herbicides selectius per a plantes competidores de fulla estreta en conreus de cereals (Atlantis i Splendor) i per a plantes de fulla ampla en conreus de colza (Butisan). Aquests herbicides selectius són molt més cars i s'intenta minimitzar el seu ús degut al seu cost econòmic. També existeixen herbicides generals (com el Glifosat), per eliminar tot tipus de planta abans de la sembra o durant els anys de guaret [BASF 2010, Bayer 2010, Syngenta 2010]. Fins l'any 2009 es podia fer servir la Trifluralina com a herbicida general, però ha estat inclòs a la llista de substàncies perilloses per la Unió Europea i n'ha quedat prohibit el seu ús com a pesticida [Regulation-15/2010/EC 2010]. En l'estudi ambiental es prendran una aproximació dels pesticides pels que es disposa en les bases de dades de GaBi [PE-International 2010].

Una alternativa que ja fa uns anys s'aplica a diversos indrets és l'agricultura ecològica, que renuncia a fertilitzants i pesticides minerals, reduint el rendiment de la collita. Tot i això, s'obté un producte respectuós amb el medi ambient i més valorat al mercat [Pardo *et al.* 2009].

2.2.3 Emissions i captació de CO₂

Les terres conreades tenen associades unes emissions degudes a les pròpies plantes i al sòl i també degudes als compostos que s'hi aporten per potenciar el conreu. Alhora, les plantes durant el seu creixement realitzen la fotosíntesi captant CO₂ de l'atmosfera, i part d'aquest queda fixat al sòl.

La superfície agrícola cobreix aproximadament la meitat de la superfície del planeta i va contribuir en una desena part de les emissions de CO₂ equivalent del món l'any 2005. És imprescindible per la societat que l'agricultura (així com els altres sectors) sigui responsable de disminuir les seves emissions. En aquest sentit, qualsevol acció presa en l'agricultura hauria de minimitzar el seu efecte sobre el medi ambient **[Fischer *et al.* 2010]**. Per aquest motiu, la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) s'haurien de tenir en compte quan s'analitzen mesures contra el canvi climàtic **[IPCC 2006, Zekic *et al.* 2010]**.

L'ús de fertilitzants pot comportar problemes de contaminació de sòls i aigües i també emissions a l'atmosfera de gasos d'efecte hivernacle. Comptabilitzar l'impacte ambiental de l'ús de fertilitzants és un procés complex i depèn de cada tipus de sòl particular i del clima. Pel que fa a les emissions directes de CO₂ del sòl es pot tenir en compte l'informe elaborat per l'IPCC, que recull les emissions mitjanes per a diferents tipus de sòl i gestió del mateix (aportacions de calç per neutralitzar el sòl i ús d'urea com a fertilitzant) **[IPCC 2006]**. Pel que fa al N₂O emès, s'ha de tenir en compte que qualsevol sòl amb vegetació té per si mateix unes emissions associades, depenent de l'activitat que s'hi desenvolupa.

El mètode de l'IPCC per al càlcul del N₂O emès divideix els paràmetres que afecten aquestes emissions en emissions directes i indirectes. Les primeres tenen en compte els tipus de sòl, la quantitat de nitrogen en unitats de fertilitzant aplicades i el romanent després de la collita. Les emissions indirectes tenen en compte la volatilització i la lixiviació. El factor d'emissions directes a causa de l'aplicació de fertilitzants és entre el 0,3% i el 3% del nitrogen aplicat, establint-se l'1% com a valor per defecte **[IPCC 2006]**.

Quan es fan càlculs d'emissions, cal tenir en compte que les emissions de metà (CH₄) i òxid nitrós (N₂O), que tenen un efecte hivernacle equivalent a 23 i 296 vegades el del diòxid de carboni (CO₂) **[IPCC 2006]**. Existeixen diversos estudis on es fan diferents



aproximacions del percentatge d'emissió de N_2O per unitat de nitrogen (N) aplicat, des d'estudis que usen una relació de 1,25% en el cas més baix, al 3-5% en la franja alta [Brentrop *et al.* 2001, Crutzen *et al.* 2008] i també rangs amplis que cobreixen totes les alternatives anteriors de 1,5-5% [Reijnders *et al.* 2008]. Per altra banda, s'han de tenir en compte les emissions de NH_3 i NO_x a l'atmosfera [Gasol *et al.* 2007]. Per NH_3 es pot considerar un 2% de la quantitat de fertilitzant simple aplicada (nitrat d'amoni) i un 4% de la quantitat de fertilitzant compost (combinats NPK per exemple). Pel que fa a l' NO_x emès, és de l'ordre d'un 10% de l'emissió de N_2O del camp. Per últim, el fòsfor emès a l'aigua es pot considerar com un 11% del fòsfor aplicat amb els fertilitzants [Audsley 1997].

Per tal de contrarestar les emissions de CO_2 , existeix la possibilitat d'injectar-lo al sòl creant dipòsits de CO_2 subterranis [Praetorius *et al.* 2009]. Aquesta opció només és vàlida per a grans generadors de CO_2 com són les centrals elèctriques. Una altra possibilitat és la fixació de CO_2 de l'atmosfera al sòl durant el creixement de les plantes. Per quantificar aquesta quantitat de C segrestat, s'han realitzat diversos experiments amb diferents tipus de plantes [Kuzakov *et al.* 2000]. Aquests resultats permeten concloure que, de mitjana, els cereals transfereixen entre el 20% i el 30% del carboni assimilat al sòl (aproximadament 1500 kg C/ha per blat i ordi). Existeixen també altres estudis que tracten el tema del segrest de carboni en el sòl per part dels conreus fets al sud d'Espanya [Lopez-Bellido *et al.* 2010].

És un fet conegut que el sòl agrícola gestionat emet gasos d'efecte hivernacle, però cal conèixer millor els processos que condueixen a aquestes emissions per poder-los quantificar. En general doncs, mitjançant l'adopció de pràctiques adequades de gestió del sòl es pot potenciar la fixació de carboni [European Commission 2008].

2.2.4 El conreu del blat i de l'ordi

El blat i l'ordi són els cereals més conreats a la zona i també mundialment. Prenent dades de l'any 2008 [FAOSTAT 2010], el blat i l'ordi són el segon i quart cereal més produïts al món amb 690 i 198 milions de tones respectivament (27% i 6% de la producció mundial) i amb unes àrees conreades de 224 i 57 milions d'hectàrees respectivament. A nivell d'Espanya són el primer i segon cereal més conreats amb una producció respecte el total de cereal del 47% per l'ordi i del 28% pel blat. Ens trobem en una de les zones d'alt

rendiment d'ordi dins la península ibèrica [Lasa *et al.* 2001]. Històricament, l'ordi s'ha conreat des de fa més de 7000 anys a la zona d'estudi [Silvar *et al.* 2010].

En zones seques, l'ordi es considera que ofereix un millor potencial de rendiment que el blat, gràcies a la seva millor adaptació a la sequera. Per contra, en zones amb precipitacions anuals superiors a 400 L/(m²·any) es prefereix el blat [Albrizio *et al.* 2010]. Aquest valor es precisa per altres autors, tot i que no existeix una raó contrastada [Cossani *et al.* 2009]. Aquests valors coincideixen justament amb la franja inferior de pluviometria anual de la zona d'estudi [Servei Meteorològic de Catalunya 2010], cosa que fa que plantar blat pugui ser una opció molt favorable o passar a ser una mala opció degut a la pluviometria concreta de cada any.

Les necessitats de nutrients d'ambdós cereals són una mica diferents, requerint més quantitat de nitrogen i potassi el blat, i aproximadament la mateixa de fòsfor per quantitat produïda de cereal.

El fet de poder créixer amb menor quantitat d'aigua i necessitar una menor quantitat de nutrients, fa que l'ordi es pugui repetir de forma seguida en la rotació de conreus, mentre que el blat no es recomana plantar-lo dues vegades consecutives en el mateix terreny (es considera un conreu més agressiu que l'ordi).

Per altra banda, les necessitats de sofre (S) dels cereals es consideren molt baixes, però cal tenir en compte que els fertilitzants usats n'aportin, ja que una manca de S en l'etapa de creixement del cereal pot afectar negativament el seu rendiment i qualitat [Astolfi *et al.* 2010]. En el nostre cas, els fertilitzants previstos cobreixen el sofre necessari, fent innecessària l'addició específica d'aquest component.

El blat i l'ordi són plantes de fulla estreta, cosa que condicionarà els herbicides usats tal i com s'ha comentat a l'**apartat 2.2.2**.

2.2.5 El conreu de la colza i la rotació de conreus

El conreu de plantes oleaginoses implica generalment l'ús d'aigua, bé escàs en la zona considerada. Per tal d'aconseguir un model viable, cal seleccionar una planta oleaginosa que s'adapti al clima mediterrani. Aquesta planta serà la colza, estesa per moltes parts



d'Europa gràcies a la seva alta pluviometria, però capaç de donar rendiments acceptables en zones frescals cerealistes com les de la Catalunya central.

Prenent dades de l'any 2008 [FAOSTAT 2010], la colza és la quarta planta oleaginosa més produïda al món, després de la soja, la palma i el coco. La colza és una espècie vegetal oleaginosa molt difosa per tot el món, preferentment en zones de clima temperat. S'adapta a diferents tipus de terrenys, és una planta resistent i té una bona recuperació després de períodes de sequera gràcies a les seves arrels pivotants.

La colza és un cultiu que necessita una fertilització més intensa que els cereals en quant a nitrogen, potassi i també sofre. És una planta de fulla ampla, cosa que s'ha de tenir en compte en els herbicides utilitzats (veure **secció 2.2.2**).

Les llavors de colza són llavors esfèriques de 2 a 2,5 mm de diàmetre (veure **Figura 2-3**). Un cop madures tenen un color castany vermellós o negre. El seu contingut en oli és d'aproximadament el 42% en pes.

La **rotació de conreus** és una tècnica que aporta un increment en el rendiment de les collites i té efectes beneficiosos sobre les propietats químiques i físiques del sòl [Alvaro-Fuentes *et al.* 2009].

La introducció de colza en la rotació de conreu tradicional aporta un efecte positiu en els conreus subsegüents, degut a l'efecte que té sobre el camp. Gràcies a les seves arrels pivotants, la colza empra l'aigua d'estrats inferiors per créixer, deixant les reserves d'aigua més superficials per a noves collites. Aquestes mateixes arrels pivotants són les encarregades de produir un efecte d'estovament del sòl, de manera que combinada amb la sembra directa possibilita un airejament del sòl sense necessitat de llaurar, procés en el qual es consumeix molta energia.

Tot i això, la colza no es pot conrear més d'un any seguit en el mateix camp, doncs hi ha un risc molt elevat de desenvolupar resistències de plagues i fongs [FAS 2000]. Per altra banda, essent la colza una planta de fulla ampla, trenca el cicle de cereals (fulla estreta) permetent l'ús de fertilitzants més genèrics per a plantes de fulla estreta quan es planta la colza, cosa que elimina competències per a la següent sembra de cereals. Aquest mateix efecte també es dona amb les possibles plagues, les quals queden molt reduïdes gràcies al canvi de planta conreada.

La introducció de la colza en rotació amb cereals aporta beneficis en quant a rendiment si la pluviometria és normal o abundant i suposa un cert decrement en anys secs, tal i com s'esquematitza a la **Taula 2-1**. Aquesta taula s'ha generat a partir de la recopilació de dades durant la realització de l'inventari.

Taula 2-1 Variació del rendiment de les collites per rotació amb la colza					
	Any 0	Any 1	Any 2	Any 1	Any 2
	Colza	Blat	Ordi	Ordi	Ordi
Any plujós	△20%	△20%	△6%	△12%	△2%
Any mitjà	referència	△10%	△3%	△6%	△1%
Any sec	▽20%	▽30%	▽3%	▽20%	0%
△: increment; ▽: decrement.					

Caldrà tenir en compte aquest efecte de la rotació de conreus en les produccions considerades.

2.2.6 El tortó com a coproducte del premsat de la colza

En el conreu de la colza es generen una sèrie de coproductes, dels quals els principals són els que es mostren a la **Figura 2-3**. Aquests coproductes són els següents:

- Palla o residu llenyós obtingut del tamisat de la llavor recollida: es retorna al camp per aprofitar els seus components, cosa que suposa un estalvi en fertilitzant per l'any següent i/o un increment de la productivitat.
- Tortó provinent del premsat de l'oli: s'usa com a component de pinsos per a diversos animals. Els excrements dels animals es poden aprofitar com adob en les mateixes terres de conreu per a tancar el cicle.
- Oli vegetal: es pot vendre al mercat de l'oli comestible, l'oli per fer biodièsel o bé usar-lo directament com a combustible.

Tots aquests coproductes generats, es poden fer servir en la mateixa explotació o vendre's al mercat corresponent.

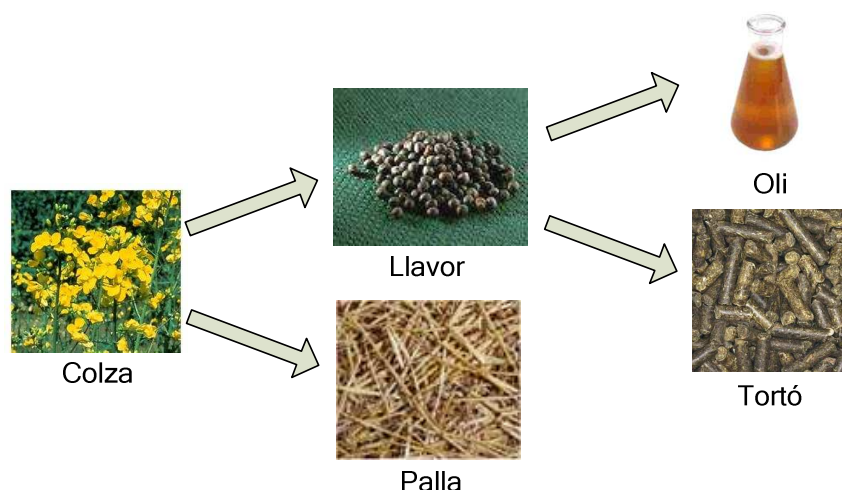


Figura 2-3 Coproductes del conreu de la colza.

L'aprofitament del tortó de colza com a component dels pinsos per a animals ha estat àmpliament estudiat. S'han realitzat estudis que mostren que la introducció del tortó en petites proporcions en el pinso (fins al 10-15%) no implica canvis significatius en paràmetres com el nitrogen, el metabolisme de lípids i de minerals ni tampoc per a la salut dels animals [Gopfert *et al.* 2006]. Per exemple no es van trobar diferències significatives en quant a greixos, proteïnes, caseïna i contingut en greixos en la llet de vaques alimentades amb un 15% de tortó de colza en el pinso [Simek *et al.* 2000]. En altres estudis, la utilització de colza per a l'alimentació en diferents formes [Brzoska 2008, Kracht *et al.* 2004, Rinne *et al.* 1999] no mostren efectes negatius en els animals ni en la carn ni en la llet obtinguda. La composició química del tortó es mostra a la **Taula 2-2**.

Taula 2-2 Composició química mitja del tortó de colza [Moss *et al.* 1994].

Proteïna crua (g/kg MS ¹)	397
Fibra crua (g/kg MS ¹)	106
Cel·lulosa (g/kg MS ¹)	177
Midó (g/kg MS ¹)	45
Carbohidrats solubles en aigua (g/kg MS ¹)	115
Poder calorífic superior (MJ/kg MS ¹)	19,7

¹ MS: Matèria seca.

La colza ja és utilitzada avui en dia com un component en el pinso de molts animals. La proporció límit no està determinada per llei a Espanya, però existeixen algunes

recomanacions fetes per la fundació espanyola per al desenvolupament de la nutrició animal [FEDNA 2003] per les diferents espècies i edats.

El procés per a l'obtenció d'oli de la llavor i tortó és diferent segons l'escala de producció i ús final. En la producció a petita escala, les llavors es processen en una premsa de cargol, amb una eficiència d'extracció de l'oli d'aproximadament un 70%, el que condueix a un alt contingut d'oli en el tortó. El processat a gran escala no només inclou el premsat, sinó que també incorpora l'extracció de l'oli mitjançant hexà com a dissolvent, amb un rendiment global del voltant del 95%. Aquest mètode disminueix les propietats de l'oli per al seu ús directe com a biocombustible, el contingut en oli del tortó i requereix l'ús de compostos químics, instal·lacions més grans i més energia.

2.3 Estat de la qüestió referent a l'oli vegetal cru com a biocarburant

El concepte d'oli vegetal cru (OVC) es coneix en anglès com “Straight Vegetable Oil” (SVO) i el seu ús com a biocarburant és tan antic com el motor dièsel mateix, doncs el propi Rudolf Dièsel va emprar oli de cacauet en l'exposició mundial de 1900 per fer funcionar un motor dièsel.

2.3.1 Els olis vegetals crus com a biocarburants

L'oli vegetal cru és un producte obtingut del premsat i filtrat de les llavors de plantes oleaginoses que té unes propietats adequades per a la seva combustió en motors de tecnologia dièsel. Tot i això, i principalment degut a la seva viscositat, calen unes petites modificacions al sistema d'alimentació dels motors dièsel actuals per tal de poder utilitzar l'oli vegetal cru.

Existeixen experiències reals dutes a terme en diversos llocs del món. A més d'Alemanya, també a Dinamarca i a Suïssa hi ha centres on s'investiga aquesta possibilitat i se'n fa ús a petita escala. Cal remarcar que no pretén ser un substitut del gasoil per al transport, sinó un complement per tal d'abaratir i estabilitzar costos per productors agrícoles a petita escala. Degut al context actual d'escalades de preus del gasoil i tot i la forta exempció fiscal per al gasoil agrícola, és interessant avaluar si l'opció d'usar oli vegetal és viable en el territori objecte d'estudi.



En referència als impactes de processat, el cas de l'oli vegetal cru evita la necessitat d'un processat tan intensiu com en el cas d'altres biocarburants. L'ocupació de terres és present en tot model agrícola, per això és interessant la idea d'incorporar-lo en un model d'explotació agrícola i així autoabastar l'explotació.

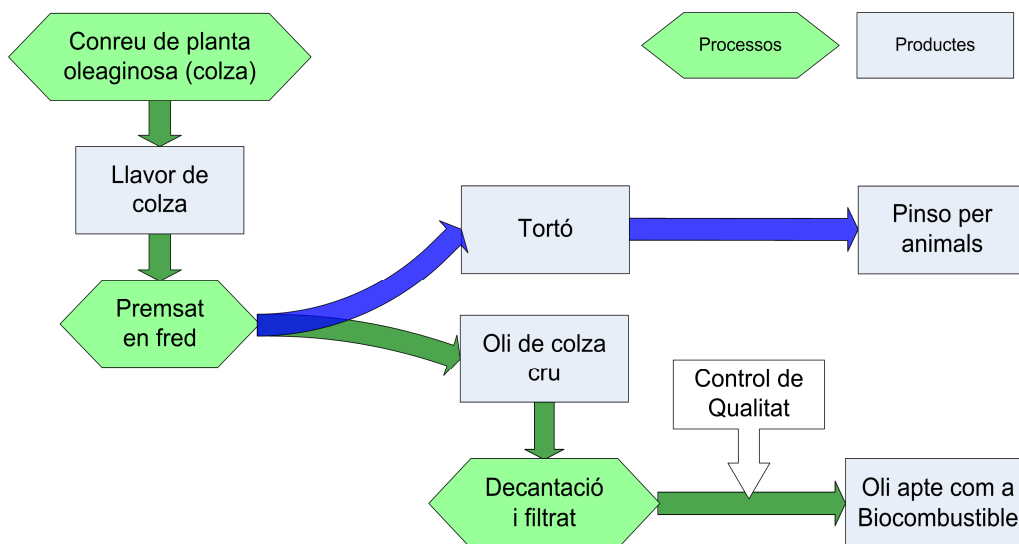


Figura 2-4 Esquema del procés de producció d'oli vegetal cru.

A la **Figura 2-4** veiem una representació gràfica del procés d'obtenció d'oli vegetal cru per al seu ús com a biocarburant. Es processen les llavors de colza per obtenir oli (fracció líquida) i tortó (fracció sòlida) de les llavors mitjançant una premsa de cargol. El premsat ha de ser en fred i no intensiu per tal que les propietats de l'oli siguin adequades per a la seva posterior combustió en un motor de tecnologia dièsel. El tortó obtingut es pot destinar a alimentació animal combinat amb el pinso degut al seu alt contingut proteic. L'oli de colza cru es decanta i es filtra per tal que compleixi amb l'estàndard alemany DIN 51605 [DIN-51605 2010] per poder ser usat com a biocarburant.

2.3.2 Producció de l'oli vegetal cru i el seu ús com a biocarburant

Entenem oli vegetal cru com a l'oli extret de premsar en fred una planta oleaginosa. La limitació principal del premsat en fred és la baixa quantitat en oli que s'extreu de la llavor, comparat amb premsats en calent o premsats amb ajuda de productes químics (extracció amb hexà com a dissolvent). Existeixen també alternatives al premsat en fred per l'extracció de l'oli de les llavors sense escalfar, com ara són processos en base aquosa i processos enzimàtics ja descrits des de fa anys [Rosenthal *et al.* 1996].

A la **Figura 2-5** es mostra un esquema d'una premsa de cargol amb les seves parts principals identificades.

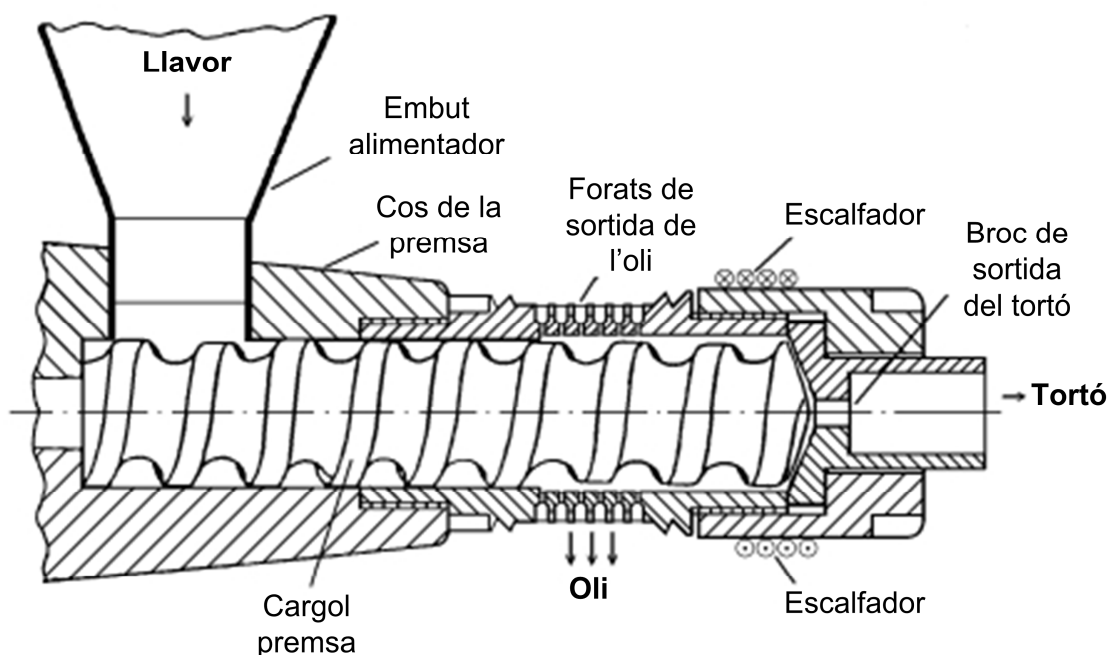


Figura 2-5 Esquema d'una premsa de cargol (adaptat de Ferchau [2000]).

L'escalfament de les llavors abans del premsat (premsat en calent) té diferents efectes sobre la composició de l'oli. Pel que fa al contingut en fòsfor, que és un paràmetre fonamental en l'ús de l'oli com a biocombustible, s'incrementa gairebé 5 vegades (de 13 a 64 ppm) [Prior *et al.* 1991]. S'ha de prendre en consideració que l'oli obtingut de premsat en fred també s'escalfa en passar per la premsa. Aquest escalfament no té efecte sobre l'oli si es produeix durant un període curt de temps, però diversos autors coincideixen en que l'escalfament en el recipient que recull l'oli afecta negativament a les propietats del mateix [Prior *et al.* 1991, Singh *et al.* 2000].

S'ha de tenir present que hi ha molts tipus de plantes oleaginoses. Per tant hi pot haver molts possibles olis vegetals que es poden usar com a biocombustibles, però caldrà fer modificacions al motor o al sistema d'alimentació del motor per obtenir un funcionament òptim. Els poders calorífics inferiors (PCI) dels olis vegetals són relativament alts, al voltant de 37-39 MJ/kg [Altin *et al.* 2001], més alts que el del carbó (33 MJ/kg) però lleugerament inferiors al de la gasolina (42,5 MJ/kg), el del dièsel (43 MJ/kg) o el del petroli (42 MJ/kg) [Demirbas 2007].



Així com qualsevol altre carburant, per tal d'usar oli vegetal cru en motors dièsel cal que aquest compleixi uns requisits mínims. Per al cas de l'oli de colza, estan fixats a la norma alemanya DIN 51605, amb els seus límits i el seu mètode de mesura (**Taula 2-3**). Aquesta norma alemanya és actualment l'única que existeix per a olis vegetals de forma oficial, tot i només ser vàlida a Alemanya.

Taula 2-3 Paràmetres norma alemanya DIN 51506 (adaptada de **DIN-51605 [2010]**).

Paràmetre	Unitats	Especificacions	Mètode
Densitat (15 °C)	kg/m ³	900-930	UNE EN ISO 12185
Punt d'inflamació ("flash point")	°C	mín. 220	UNE EN ISO 2719
Viscositat cinemàtica (40 °C)	mm ² /s	màx. 36,0	UNE EN ISO 3104
Poder calorífic inferior	kJ/kg	mín. 36000	DIN 51900-2
Índex de cetà	-	mín. 39	IP 48
Residu de carboni	%	màx. 0,40	DIN EN ISO 10370
Índex de iode	g/100g	95 a 125	DIN EN 14111
Contingut en sofre	mg S/kg	màx. 10	DIN EN ISO 20884
Contaminació	mg/kg	màx. 24	UNE EN 12662
Índex d'acidesa	mg KOH/g	màx. 2,0	UNE EN 14104
Estabilitat a l'oxidació a 110 °C	h	mín. 6,0	DIN EN ISO 14112
Contingut en fòsfor	mg P/kg	màx. 12	DIN EN ISO 14107
Ions alcalins (Ca+Mg)	mg/kg	màx. 20	DIN EN ISO 14538
Cendres	% p/p	màx. 0,01	DIN EN ISO 6245
Contingut d'aigua	mg/kg	màx. 750	DIN EN ISO 12937

El fet d'incomplir algun dels 15 paràmetres exposats, pot no impossibilitar la combustió de l'oli, però sí que afectarà la qualitat de les emissions, el rendiment del motor o el desgast del mateix.

La norma es divideix en dues parts, les propietats característiques de l'oli de colza i les propietats variables. Les propietats característiques de l'oli de colza quan la llavor ha estat premsada en fred, es compleixen ja que són característiques intrínseques de la colza. Les propietats no característiques de l'oli de colza són més exigents i indiquen si l'oli s'ha transformat correctament. Les seves dependències i afectació als motors dièsel es resumeixen a continuació:

- **Contaminació:** en referència a partícules sòlides. Aquest paràmetre depèn del procés de filtració. Aquesta exigència de qualitat és difícil de satisfer si el procés

de filtració no és l'adequat. Aquest paràmetre és important perquè es poden bloquejar els filtres i injectors i per l'abradió que pot causar en tot el circuit de combustible.

- Índex d'acidesa: si durant el premsat s'arriba a altes temperatures, les molècules de triglicèrids es dissocien. La presència d'aquests àcids grassos lliures és negativa per a la combustió. Els olis amb valors d'acidesa elevada generalment tenen un color més fosc.
- Estabilitat a l'oxidació: aquest índex descriu l'envelliment. Si el seu valor és massa baix, indica que l'oli està degradat i repercuteix en un augment de la viscositat. Té una influència negativa en la lubricació del motor.
- Contingut en fòsfor: el fòsfor es fixa normalment a les fibres de la planta, de manera que si el procés de filtratge no es realitza correctament aquest paràmetre és difícil d'aconseguir. El fòsfor és perillós per al motor perquè és abrasiu.
- Magnesi i Calci: poden produir reaccions de polimerització, com la producció de sabons amb l'oli de colza. La presència d'aquests elements en l'oli de colza només depèn del procés de producció.
- Cendres: contingut d'òxid i cendres primàries. La cendra és abrasiva per al motor.
- Contingut d'aigua: pot causar un augment en l'índex d'acidesa, a causa de la hidròlisi produïda (pèrdua de l'estabilitat de l'emulsió) quan l'aigua es barreja amb l'oli. L'aigua pot provocar problemes en qualsevol part del sistema de combustible.

2.3.3 Modificació d'un motor dièsel per funcionar amb oli vegetal cru com a biocarburant

L'ús d'olis vegetals crus en motors dièsel comporta algunes dificultats. Aquestes dificultats es poden classificar en dos tipus: problemes de funcionament i de durabilitat. Les dificultats de funcionament estan relacionades amb la capacitat d'arrencada, la ignició, la combustió i el rendiment. Els problemes de durabilitat estan relacionats amb la



formació de dipòsits, la carbonització de la punta de l'injector, l'enganxament dels segments i la dilució en l'oli lubricant. L'alta viscositat dels olis vegetals causa una pobra atomització i una mida de gotes grans. Enlloc d'una bona dispersió, la injecció és en forma de gotes de manera que el combustible no es barreja de forma adequada amb l'aire necessari a la cambra de combustió. El fet d'usar olis vegetals a temperatura ambient dóna lloc a una mala combustió acompanyada d'una pèrdua de potència [Agarwal *et al.* 2008].

S'han investigat diversos mètodes per reduir la seva viscositat com la barreja amb altres combustibles, l'escalfament del biocarburant i la transesterificació de l'oli vegetal [Nwafor 2003]. L'escalfament és un mètode efectiu per tal que tingui una viscositat adequada i obtenir una bona injecció, obtenint propietats físiques similars a les del dièsel, per tant, evitant la modificació del motor dièsel [Nwafor 2004].

És per això que tot i usar oli de colza que compleixi els requeriments de la norma alemanya, per tal d'usar aquest oli eficientment en un motor dièsel convencional caldrà escalfar l'oli fins a uns 60-70 °C [Meyer 2008] per tal que es comporti de forma similar al dièsel quan passa pels injectors. El mètode més estès per a realitzar aquest escalfament és el sistema de doble dipòsit. Així i tot, estudis recents mostren que la temperatura idònia per tal que l'oli vegetal estigui en el mateix rang de densitat, viscositat i tensió superficial seria d'aproximadament 120 °C [Riba *et al.* 2010].

El sistema de doble dipòsit implica disposar d'oli i dièsel, doncs consisteix en introduir un intercanviador entre l'aigua de refrigeració i l'oli vegetal i afegir un segon circuit de carburant per al dièsel (amb el segon dipòsit). El gasoil s'usa per arrencar el motor en fred i també quan es para el motor. Un cop assolida la temperatura suficient en el motor, es pot fer servir l'aigua de refrigeració per escalfar l'oli. Com és d'imaginar, caldrà un petit control de les bombes i electrovàlvules en funció de la temperatura de l'aigua de refrigeració. Un esquema d'aquest sistema es pot veure a la **Figura 2-6**.

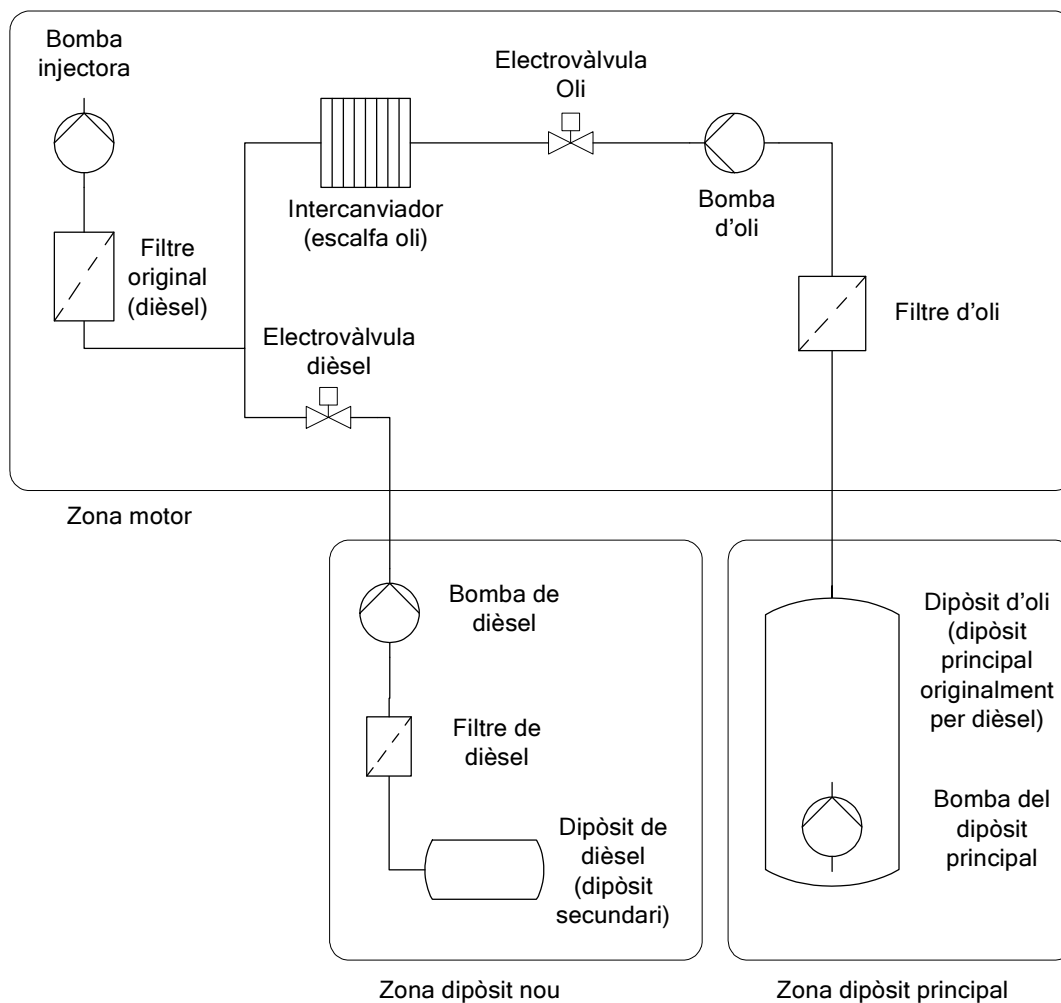


Figura 2-6 Esquema del sistema de doble dipòsit.

Aquests sistemes es poden implementar en motors dièsel de turismes, furgonetes, camions i vehicles agrícoles, així com en motors dièsel estàtics. Actualment a l'Escola d'Enginyeria d'Igualada es disposa d'una furgoneta Volkswagen Caddy modificada amb tecnologia Elsbett per funcionar amb oli vegetal, amb més de 60000 quilòmetres recorreguts funcionant amb oli vegetal. Els components principals de la modificació es mostren a la **Figura 2-7**.

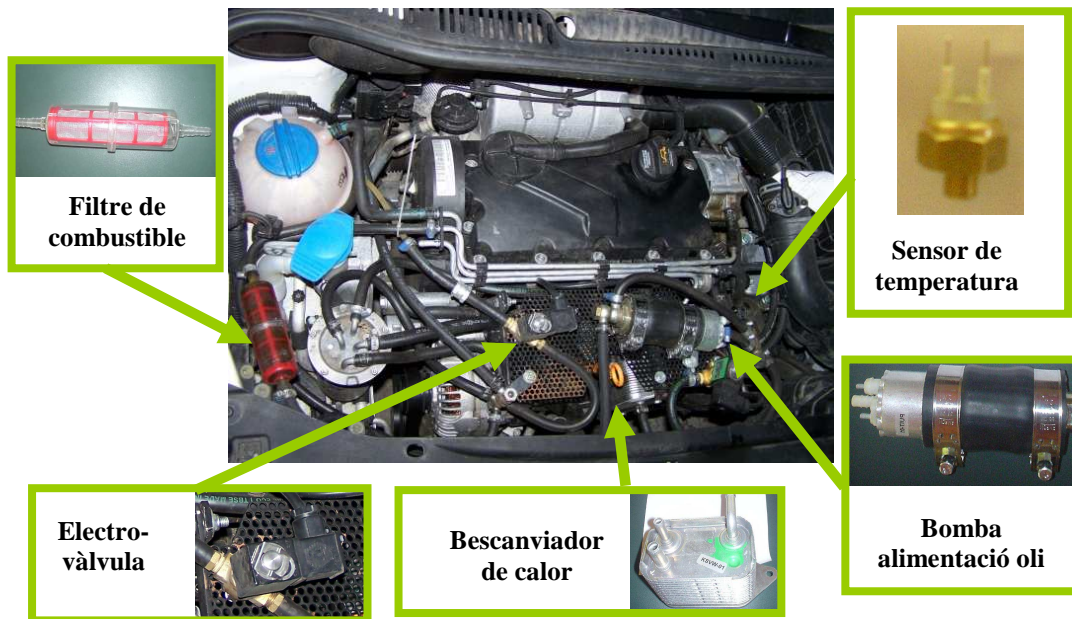


Figura 2-7 Motor modificar del cotxe ambOLI (VW Caddy modificat).

Per a poder usar oli vegetal els vehicles es modifiquen després de la seva compra. Excepcionalment, existeix un fabricant de tractors alemany que ha desenvolupat un tractor ja modificat de fàbrica, l'*Agrotron M Natural Power* [Deutz-Fahr 2009]. Aquest, estableix com a mesura a tenir en compte que el temps de canvi de l'oli del motor és la meitat comparat amb un tractor que funcioni amb gasoil. El motor i l'esquema del mateix es mostren a la **Figura 2-8**.

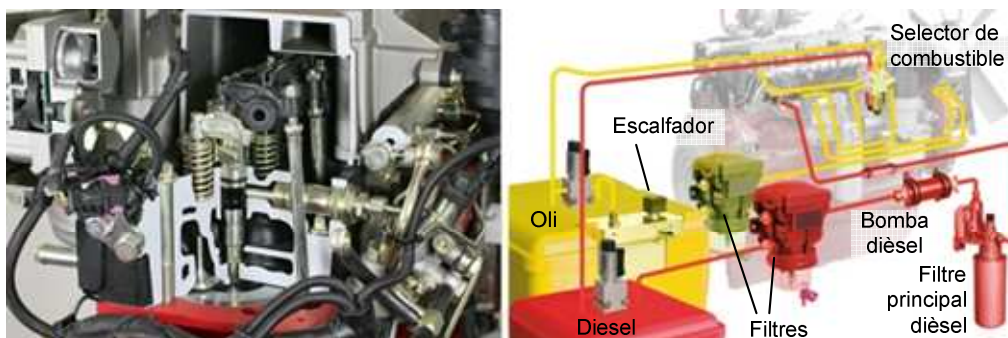


Figura 2-8 Motor i esquema del funcionament de l'Agrotron M Natural Power [Deutz-Fahr 2009].

El fet d'usar oli en un motor dièsel, implica que tinguem unes emissions de CO_2 pràcticament neutres gràcies a la compensació del CO_2 emès en la combustió amb el CO_2 que absorbeix la planta durant el seu creixement. Aquesta consideració és vàlida per tots els biocombustibles [Abbasi *et al.* 2010, Barnwal *et al.* 2005, Biona *et al.* 2009, Sharma *et al.* 2008, Sims *et al.* 2006].

2.4 Model d'explotació, processat i ús de l'oli vegetal

Per tal de recopilar la informació necessària pels diferents objectius i completar l'inventari del cicle de vida, cal accedir directament a l'origen de la informació mitjançant comunicacions personals. En el cas dels biocarburants produïts a nivell local, aquesta font d'informació seran 3 pagesos de la zona d'estudi, amb la validació de les dades per part dels representats d'Unió de Pagesos de l'Anoia, sindicat majoritari amb una representativitat d'aproximadament el 60% en el sector agrícola català [Berenguer 2008, Canals 2009, de la Peña 2009, Vidal 2008]. També s'ha obtingut informació dels processos de transformació de la matèria primera com són el premsat consultant a fabricants de les premses [Bosquet 2009, Braack 2009] i el refinat dels olis a través d'industrials dedicats al refinat [Soler 2009].

S'han obtingut dades referents als conreus generalitzats actuals de blat i ordi i també de conreus puntuals de colza que duen a terme alguns pagesos. La rotació actual més estesa a la zona és la del primer any amb blat i els tres següents amb ordi (BOOO). El conreu tradicional era la mateixa rotació de 4 anys afegint un cinquè de guaret (BOOOG), tot i que s'ha deixat de fer bàsicament per motius tècnics i econòmics, doncs es substitueix l'efecte del guaret sobre els camps amb herbicides i fertilitzants. Per altra banda, econòmicament no surt a compte deixar de conrear un camp durant un any per l'estalvi en productes fitosanitaris. Es proposa una rotació de 5 anys amb un de colza, un de blat i tres d'ordi (CBOOO), que actualment es realitza de forma mínima a la comarca.

A la zona d'estudi la colza es sembra al mes de setembre. Es planten unes 60 llavors/m² (3 a 3,5 kg/ha) per varietats híbrides o 80 llavors/m² per varietats clàssiques. Amb aquests paràmetres, en resultaran una densitat entre 20 i 30 plantes/m², òptim per tal de no quedar massa atapeïdes, impeding-ne el bon creixement, ni massa separades, possibilitant el creixement d'espècies competidores. La collita es fa a la primavera i és un moment crític per evitar pèrdues de llavor significatives. Cal collir les llavors amb una humitat màxima aproximada del 9% per facilitar la seva conservació, però si s'assequen massa, hi ha el perill que s'obrin les tavelles i caiguin les llavors al terra.

També s'han recopilat dades sobre els temps i consums de combustible per a conrear les diferents varietats, així com les necessitats de fertilitzants, herbicides, insecticides i fungicides per a cada tipus de conreu, que es mostren en l'**apartat 3.2.2**.

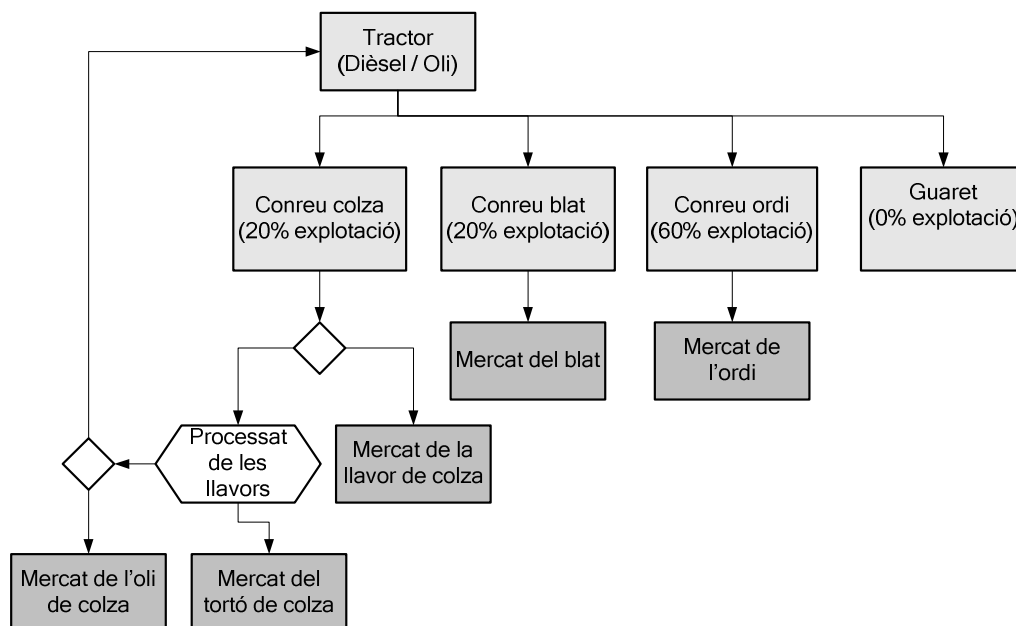


Figura 2-10 Esquema del model d'explotació proposat per autoconsum.

S'ha dut a terme la proposta d'aquest model conjuntament amb una recopilació exhaustiva de la legislació vigent sobre conreus i biocombustibles i també un primer càlcul econòmic. Aquesta informació ha estat processada, redactada, revisada i finalment publicada a la revista indexada "Energy Policy" d'Elsevier [Grau *et al.* 2010].

2.4.2 Condicionants pel dimensionat de la instal·lació de premsat

Pel que fa al disseny de la instal·lació de premsat, s'han establert les hipòtesis inicials següents:

- Es consideren petits productors. L'agricultor mitjà es considera que gestiona una superfície de conreu de 100 ha. La proposta consisteix a utilitzar aproximadament un 10% de la superfície de conreu per a l'autoabastament. D'aquesta manera, es considera que aproximadament 10 hectàrees es conreen amb colza destinades a la producció d'oli per al seu ús com a biocombustible. En total, i per poder fer una rotació de 5 anys, una cinquena part de l'explotació estarà conreada amb colza, i per tant, el total d'hectàrees amb colza serà de 20.
- Els conreus irrigats a la zona de l'Anoia són gairebé inexistents i els conreus tradicionals són el blat i l'ordi. Es proposa el conreu de la colza com a conreu de secà per evitar la pressió sobre els recursos hídrics de la zona.



- Es considera que s'emprarà la sembra directa en tots els conreus considerats.
- En la collita només s'extreuen les llavors mentre que la resta de la planta es trinxa i es deixa en els camps per aportar nutrients per a la collita següent. D'aquesta manera s'estalvia part de fertilitzant per al conreu següent o tal i com s'ha comentat, s'obté un increment en el rendiment de les collites següents a la colza.
- Els agricultors traslladen la collita de colza a la cooperativa d'agricultors, que es troba propera a les seves terres de conreu, on es situarà la instal·lació de premsat.

Aquests són els condicionants per a la instal·lació de premsat necessària per al model. Partint d'aquestes dades, s'ha fet la selecció d'una premsa de cargol adequada a les necessitats exposades. La premsa escollida ha de ser capaç de cobrir la producció de diverses explotacions agrícoles centralitzant el processat de la llavor de colza en una mateixa instal·lació. A la **Taula 2-4** es mostren diferents opcions de premses de dos fabricants, de les que se'n selecciona una capaç de processar 500 kg/h de llavor de colza.

Taula 2-4 Selecció de la premsa pel model agrícola considerat

Model Premsa ¹	P _{nominal}	P _{consumida} ² (AP→75% P _{nominal}) (MBU→65% P _{nominal})	Capacitat de llavor processada	Oli obtingut (35% d'eficiència) ²	Energia per kg d'oli	ha a processar ³
	kW	kW	kg/h	kg/h	MJ/kg	ha
AP 08	3,50	2,63	40	14	0,68	14,61
AP 10/06	7,50	5,63	100	35	0,58	36,52
AP 12	15,00	11,25	200	70	0,58	73,04
AP 14/22	22,00	16,50	300	105	0,57	109,57
AP 15/30	30,00	22,50	500	175	0,46	182,61
AP 14/45	45,00	33,75	1000	350	0,35	365,22
AP 25/90	90,00	67,50	1800	630	0,39	657,39
MBU 20	7,50	4,88	100	35	0,50	36,52
MBU 40	15,00	9,75	200	70	0,50	73,04
MBU 75	22,00	14,30	400	140	0,37	146,09
MBU 130	55,00	35,75	917	321	0,40	334,78
MBU 260	90,00	58,50	1354	474	0,44	494,50
MBU 330	110,00	71,50	1875	656	0,39	684,78

¹ marques considerades: AP → Reinartz; MBU → La Mécanique Moderne

² Dades dels fabricants. Es considera un 35% d'eficiència a l'extracció

³ Considerant una producció de 2300 kg/ha, 20 h/setmana i 46 setmanes

La premsa seleccionada permet processar la colza de 18 explotacions al llarg d'un any considerant 4 hores diàries de treball, és a dir amb una persona contractada a mitja jornada. Aquesta hipòtesi es farà servir a les avaluacions al llarg d'aquesta tesi.

Taula 2-5 Cost de les premses i la instal·lació bàsica de premsat

Model Premsa	Capacitat de processat	Cost ¹	Model Premsa	Capacitat de processat	Cost ¹
	kg/h	€		kg/h	€
AP 08	40	13900			
AP 10/06	100	19900	MBU 20	100	29400
AP 12	200	34900	MBU 40	200	41110
AP 14/22	300	52900			
			MBU 75	400	77267
AP 15/30	500	73900			
AP 14/45	1000	146900			
AP 25/90	1800	298000			

¹ Dades obtingudes a través de comunicacions electròniques amb comercials de les empreses fabricants de les premses [Bosquet 2009, Braack 2009]

Considerar una premsa més petita amb un operari a temps complert suposaria una despesa energètica un 20% més elevada i el doble de cost en mà d'obra. Per altra banda, considerar la premsa immediatament superior duria a poder processar la colza amb un temps menor i menys mà d'obra, però duplicaríem el preu de la instal·lació tal i com es veu a la **Taula 2-5**.

2.5 Viabilitat tècnica del model

La viabilitat tècnica de qualsevol procés implica avaluar-lo etapa per etapa amb els seus condicionants. Per acotar aquesta avaluació de viabilitat tècnica, s'analitzen els paràmetres més crítics en el premsat, filtrat i desgomat de la colza. Els paràmetres de l'índex d'acidesa i contingut en fòsfor són indicadors del bon processat de la colza per a l'obtenció d'oli vegetal cru apte per al seu ús com a biocarburant [DIN-51605 2010].

L'índex d'acidesa depèn entre d'altres de la temperatura a la que es fa el premsat (**apartat 2.5.2**). Per altra banda, es pot incidir en el contingut en fòsfor en la fase de processat de l'oli mitjançant la combinació de diverses etapes (**apartat 2.5.3**).



2.5.1 Processat de la llavor de colza

Mitjançant la premsa Farmet (veure **Figura 2-11**) s'ha procedit a premsar una mostra de 100 kg de llavor de colza sota diferents condicions i a analitzar l'índex d'acidesa de l'oli obtingut. Aquesta colza ha estat adquirida a través de Cereals i Adobs Casamitjana S.A.



Figura 2-11 Premsa Farmet UNO SS.

Per tal de poder controlar la velocitat de la premsa, s'ha afegit a la premsa de cargol marca Farmet model UNO SS d'1,1 kW de potència un variador de freqüència marca Omron model SYSDRIVE 3G3JV. Mitjançant aquest muntatge, es controla la velocitat de la premsa, de manera que es pot incidir en la temperatura i temps de premsat.

L'oli obtingut del premsat ha estat sotmès a decantació en diferents condicions i s'ha filtrat amb filtres de diferents mides de porus. També s'ha realitzat un desgomat amb aigua i s'ha dut a terme el procés de winterització de l'oli. D'aquestes mostres se'n calcula el contingut en fòsfor per avaluar la seva eficàcia.

2.5.2 Estudi experimental del premsat de la colza

Aquest estudi experimental consisteix en avaluar les condicions de premsat i trobar les més adients per tal que l'oli obtingut del premsat compleixi amb la normativa específica en quant a índex d'acidesa. Aquest índex es veu afectat per la temperatura del premsat, però no es disposa de dades de la premsa de que es disposa funcionant en les condicions òptimes. A la **Figura 2-12** es mostra el muntatge real de la premsa i la presa d'una mostra.



Figura 2-12 Muntatge de la premsa i sortida de l'oli per recollir una mostra.

Primer de tot s'han fet proves de funcionament amb diferents velocitats de treball, que originen diferents temperatures de treball un cop la premsa es troba a règim. Totes les proves realitzades s'han fet durant el mes de març, amb una temperatura ambient aproximada de 15 °C. La recopilació dels resultats de premsat en funció de la velocitat fixada pel variador (freqüència de treball) es mostren a la **Taula 2-6**.

Taula 2-6 Freqüència de treball de la premsa i resultat obtingut

Freqüència	Resultat obtingut amb la premsa
12,5 Hz	Col·lapse de la premsa, el fet d'anar lenta ha fet que quedés el tortó bloquejant la sortida de l'oli, pugés la temperatura i quedés molt compacte.
25 Hz	Surt tortó pels orificis de sortida de l'oli. Es para la premsa per no bloquejar-la com en el cas anterior. Temperatura de l'oli sortint de la premsa 90-100 °C.
30 Hz	Funcionament correcte. Temperatura de sortida de l'oli en règim estable menor a 70 °C.
37,5 Hz	Funcionament correcte. Temperatura de sortida de l'oli 115-125 °C.
50 Hz	Funcionament correcte. Temperatura de sortida de l'oli 125-130 °C.

Per al premsat de l'oli es disposen de diferents brocs de sortida del tortó. Com major sigui el broc, més fàcilment surt el tortó, menys s'escalfa la premsa i menor quantitat d'oli s'obté. S'han fet proves sense broc i amb el broc gros (forat de 12 mm de diàmetre), doncs amb els brocs més petits (forats de 6 i 8 mm de diàmetre) la temperatura puja ràpidament i es col·lapsen els orificis de sortida del tortó amb més facilitat si baixem de la freqüència nominal i la premsa no està prou escalfada.



A la **Taula 2-7** es mostren els resultats d'acidesa obtinguts. Es veu una relació clara entre la temperatura de l'oli en el recipient on s'emmagatzema la mostra i l'índex d'acidesa. El càlcul de l'índex d'acidesa es fa segons el mètode mostrat a l'**annex A.1**.

Taula 2-7 Resum dels resultats de l'índex d'acidesa

Nom de la mostra	Temperatures de l'oli		Índex d'acidesa		Condicionants
	Sortida de la premsa	Recipient on es recull la mostra	Mitjana (mg KOH/g)	Desviació estàndard	
Mostra 1	90-100 °C	95 °C	3,4908	0,0566	25 Hz. Mostra en pot petit.
Mostra 2	126 °C	126 °C	3,4132	0,1601	37,5 Hz. Mostra en pot petit.
Mostra 3	50 °C	30-43 °C	0,8787	0,2638	30 Hz. Mostra en ampolla. Sense broc
Mostra 4	67-70 °C	50-67 °C	1,1860	0,1649	30 Hz. Mostra en ampolla. Broc gros
Mostra 5	70 °C	55-65 °C	1,2031	0,2042	30 Hz. Mostra en ampolla. Broc gros
Mostra 6	65 °C	65 °C	1,0207	0,0266	30 Hz. Mostra en pot petit.
Mostra 7	68 °C	45-55 °C	0,7761	0,0127	30 Hz. Mostra en ampolla. Broc gros
Mostra 8	70 °C	58 °C	1,2137	0,1822	30 Hz. Mostra en ampolla. Broc gros
Mostra 9	63 °C	56 °C	1,1603	0,2306	30 Hz. Mostra en ampolla. Broc gros

La norma DIN 51605 estableix el límit superior d'acidesa en 2 mg KOH/g, per tant, si la temperatura de sortida de la premsa no supera els 70 °C, assegurem que l'índex d'acidesa no superi aquest límit. Per poder assegurar un índex d'acidesa menor en un procés de producció contínua, caldrà baixar la temperatura de l'oli abans de ser emmagatzemat. Una solució per la premsa que tractem es mostra a la **Figura 2-13**.



Figura 2-13 Element refrigerador a la sortida de la premsa.

La **Figura 2-13** mostra una solució per tal de refredar l'oli de colza obtingut de forma ràpida mitjançant una superfície metàl·lica i un ventilador a contracorrent. Amb aquest muntatge, es pot premsar assegurant un valor d'acidesa inferior al límit normatiu a una freqüència de 30 Hz.

2.5.3 Estudi experimental del refinat de l'oli de colza

El propòsit del refinat dels olis vegetals és eliminar les impureses indesitjables que afecten la qualitat (sabor, olor, aparença) i capacitat d'emmagatzematge. A causa de la gran varietat d'aquestes impureses –àcids grassos lliures, ions metàl·lics, gomes, ...– s'han d'usar una sèrie de processos de naturalesa química i física per al refinat [**Clausen 2001**]. La **Taula 2-8** mostra esquemàticament els possibles mètodes de refinat.

Pel que fa al condicionament de l'oli de colza per al seu consum com a combustible, la fase del refinat que ens interessarà és la del desgomat, ja que amb l'extracció de gomes es disminueix el contingut en fòsfor de l'oli. Les altres etapes són interessants per aplicacions com condicionar els olis per al seu consum humà i conservar-los.



Taula 2-8 Mètodes de refinat: físic, químic i enzimàtic

Etapa	Descripció
Refinat físic [Cmolik <i>et al.</i> 2000]	
Desgomat	Es busca l'extracció de fosfolípids. Per extreure'n una major part es fa un tractament per fer-los afins a l'aigua i treure'ls per mitjans físics (centrifugació)
Àcid	Usant àcid fosfòric i àcid cítric
Sec	Usant àcid fosfòric i terres blanquejants
Total	Usant àcid fosfòric i una base (NaOH per exemple) i dues etapes de centrifugació
Enzimàtic	Usant fosfolipases com enzims
Amb aigua	Usant l'aigua per prendre els fosfolípids hidratables i extreure'ls per centrifugació
Per fred (winterització)	Congelant l'oli i filtrant els fosfolípids que han nucleat
Blanqueig	Ús de terres blanquejants per treure el color de l'oli
Desodorització	Ús de vapor i de buit
Refinat Químic [Demirbas 2008]	
Desgomat amb base	Ús d'hidròxid de sodi en excés per eliminar els àcids grassos lliures.
Decoloració	Usant terres adsorbents o carbó actiu.
Desodorització	Ús de vapor i de buit

L'eliminació de gomes es planteja en 4 possibles etapes que es poden combinar entre elles: decantació, filtrat, desgomat amb aigua i winterització. Es seleccionen aquestes etapes per ser processos simples i que no requereixen de productes químics.

El **decantat** consisteix en deixar reposar l'oli filtrat. El **filtrat** es fa amb filtres de diferents mides de porus usant un embut Büchner i un matràs kitasato connectat a una bomba de buit a través d'una trampa de buit (per assegurar que no arribi el líquid a la bomba per accident), com es veu a la **Figura 2-14**.

El **desgomat per aigua** ("water degumming") consisteix en barrejar una petita quantitat d'aigua amb l'oli (1 a 6% en pes), agitar fins que estiguin totalment barrejats (aproximadament 5 minuts), centrifugar (usant la centrífuga 10 minuts) i finalment prendre la part no decantada (veure **Figura 2-15**). Aquest mètode es basa en capturar els fosfolípids hidratables i extreure'ls mitjançant centrifugat.



Figura 2-14 Filtrat amb embut Büchner, matràs kitasato i bomba de buit.

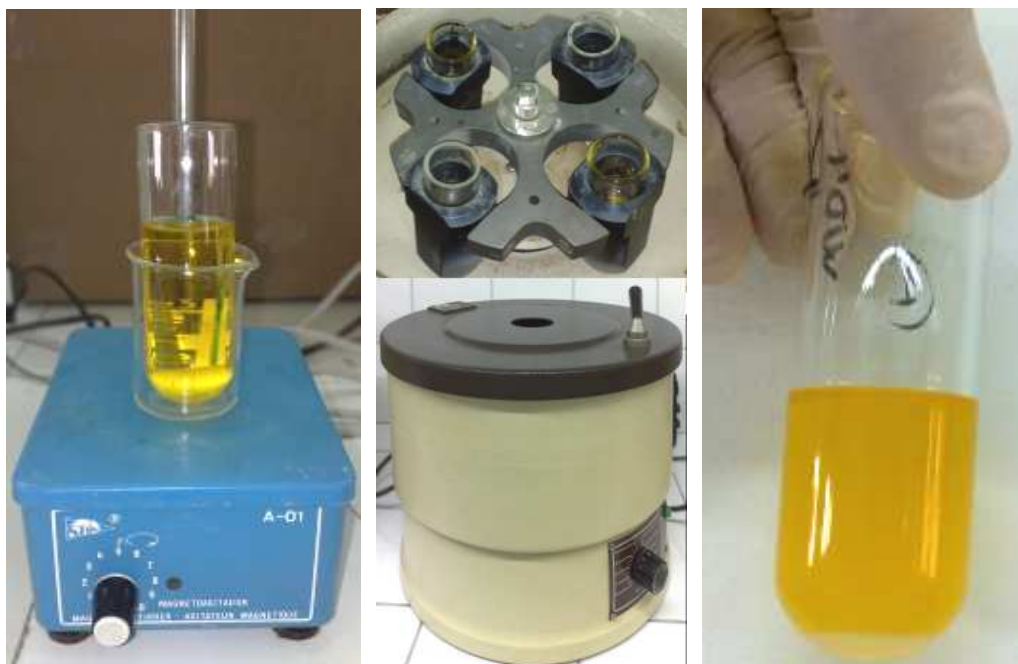


Figura 2-15 Agitador, centrífuga i oli desgomat amb pòsit resultant.

La **winterització** consisteix en realitzar el filtrat de l'oli després de baixar-li la temperatura fins a la seva congelació (deixant l'oli durant un mínim de 4 hores en el congelador). Les gomes de l'oli congelades tenen una mida major que quan estan dissoltes



en el propi oli i es poden eliminar mitjançant el simple filtrat de l'oli congelat (deixant-lo 5 minuts a temperatura ambient per facilitar-ne el filtrat).

Els processos emprats en aquesta part experimental es resumeixen en la **Taula 2-9**.

Taula 2-9 Etapes per a les proves de desgomat	
Codi	Especificacions
Dec	Decantar (deixar reposar i agafar mostra sense pòsit)
F1	Filtre "grade 4" (20-25 μ m)
F2	Filtre "grade 40" (8 μ m)
F3	Filtre "grade 5" (2,5 μ m)
WD1	Desgomat amb un 1,59% d'aigua destil·lada
WD2	Desgomat amb un 2,15% d'aigua destil·lada
WD3	Desgomat amb un 3,11% d'aigua destil·lada
WD3aixeta	Desgomat amb un 3,1% d'aigua de l'aixeta
WD5	Desgomat amb un 5,1% d'aigua destil·lada
WD6	Desgomat amb un 5,68% d'aigua destil·lada
W1	Winterització amb filtre "grade 4" (20-25 μ m)
W2	Winterització amb filtre "grade 40" (8 μ m)

Es realitzen proves sobre les mostres d'oli obtingudes del premsat (**apartat 2.5.2**). Es determina el contingut en fòsfor de les mostres per tal de determinar l'efectivitat de les etapes de desgomat realitzades. Aquesta determinació del contingut en fòsfor es fa seguint el mètode descrit a l'**annex A.2**.

El contingut en fòsfor de les mostres de les proves es recull de forma resumida a la **Taula 2-10**. Aquesta taula mostra també la reducció de fòsfor respecte les diferents etapes que són comunes, de manera que es pot veure la disminució respecte l'oli inicial i també la reducció relativa a les etapes anteriors de tractament. Alhora, es pot observar també que l'etapa més influent en aquest procés és el decantat, que permet l'eliminació de molta part de fòsfor en forma de pòsit.

Aquestes dades mostren que la combinació de diferents etapes poden suposar una disminució de la quantitat de fòsfor en l'oli. La norma **DIN 51605 [2010]** estableix el límit superior de contingut en fòsfor de 12 mg P/kg, que s'assoleix tan sols amb el decantat. Tot i això, per tenir més seguretat i depenent del premsat que es faci cal realitzar alguna etapa més de desgomat.

Taula 2-10 Contingut en fòsfor de les proves realitzades

Anàlisi realitzada	Fòsfor (mg P/kg)	Reducció respecte les etapes anteriors			
		Oli sense decantar	Dec	F1	F2
Barreja oli + tortó	78,44				
Oli sense decantar	12,67				
Dec	9,11	28,10%			
Dec + F1	8,41	33,62%	7,68%		
Dec + F1 + F2	8,22	35,12%		2,26%	
Dec + F1 + F2 + F3	5,19	59,04%			36,86%
Dec + F1 + WD1	7,43	41,36%		11,65%	
Dec + F1 + WD2	7,7	39,23%		8,44%	
Dec + F1 + WD3	7,23	42,94%		14,03%	
Dec + F1 + WD5	6,86	45,86%		18,43%	
Dec + F1 + WD6	7,55	40,41%		10,23%	
Dec + F1 + WD3a	7,7	39,23%		8,44%	
Dec + W1	7,18	43,33%	21,19%		
Dec + W2	7,11	43,88%	21,95%		
Dec + F1 + W1	6,69	47,20%		20,45%	
Dec + F1 + W2	6,28	50,43%		25,33%	
Els resultats en gris mostren les reduccions de P en percentatge respecte l'oli sense decantar.					

L'etapa del decantat és la que proporciona una major reducció del fòsfor sense necessitat d'usar energia. La menor quantitat de fòsfor es pot obtenir usant el filtrat més fi (F3: 2,5µm), tot i que aquest filtrat és difícil de fer i requereix energia, temps i l'ús d'un filtre que queda colmatat ràpidament. Com a alternatives a només filtrar, es pot combinar el filtrat amb les etapes de desgomat amb aigua i winterització.

El desgomat amb aigua és òptim amb una quantitat d'aigua del voltant del 5%. En quant a la winterització, s'obté un millor resultat com més petit sigui la mida dels porus del filtre emprat. Tot i això, cal remarcar que el cas de la winterització és com el filtrat fi, doncs requereix temps i energia, i el filtre es colmata ràpidament.

Per aquests motius, l'etapa més interessant a considerar és el decantat, seguida del filtrat i el desgomat amb aigua, que només requereix afegir aigua i realitzar un processat mecànic de barreja i centrifugat.



2.5.4 Conclusions dels estudis experimentals

S'han determinat, mitjançant l'experimentació, les condicions de treball de la premsa a la que es té accés durant la realització d'aquest treball que permeten complir els condicionants de la norma DIN 51605. La limitació principal en el premsat és la temperatura de sortida de l'oli, ja que una temperatura sostinguda major a 70 °C suposa que incrementi l'acidesa de l'oli, cosa que el fa inacceptable com a biocarburant segons la normativa actual.

L'altre punt important a tenir en compte en el premsat és que no es barregi el tortó amb l'oli durant el procés pel seu alt contingut en fòsfor. A més a més, caldrà que l'oli obtingut es tracti de forma adequada per no superar el límit de contingut en fòsfor que marca la norma.

Aquesta limitació es pot superar tan sols decantant bé l'oli, però per assegurar un baix contingut en fòsfor caldrà algun altre tractament. Es proposa un filtrat de 20-25 μm i un desgomat amb un 5% d'aigua. Aquesta opció no és la que redueix més la quantitat en fòsfor, però és la més eficient en quant a temps i energia.

L'extrapolació dels resultats a nivell industrial podria repercutir en una lleugera variació dels valors obtinguts a escala pilot. Per tant, seria necessari fer proves a escala industrial per ajustar aquests paràmetres de treball.

Es pot establir doncs que és possible assolir els límits que estableix la norma DIN en quant a variables que depenen del premsat de la llavor i refinat de l'oli de colza a petita escala i sense necessitat de productes químics.

CAPÍTOL 3. ANÀLISI DE CICLE DE VIDA AMBIENTAL

L'anàlisi de cicle de vida (ACV), de l'anglès "Life Cycle Assessment" (LCA), és una eina metodològica d'avaluació ambiental (ACV ambiental, ACV-A). Una revisió de la literatura mostra que l'ús de l'ACV ha aixecat força interès durant els darrers anys degut a que engloba totes les etapes de la vida del producte estudiat a més de fer-ho estructuradament i curosa. Aquesta metodologia permet conèixer quins impactes ambientals es generen en un procés i en quines etapes del mateix, cosa que permet identificar les etapes crítiques i actuar-hi.

En aquest capítol es presenta l'origen i evolució de l'anàlisi de cicle de vida, en la seva vessant ambiental. Es resumeix la metodologia de l'ACV i es presenten diverses referències bibliogràfiques d'interès relacionades amb ella.

Finalment, es duu a terme l'ACV-A del model proposat, mostrant-la en les seves etapes: planteig, inventari del cicle de vida, resultat de l'avaluació d'impactes, estudi de la sensibilitat i conclusions dels resultats obtinguts. L'energia obtinguda dels conreus es pren com a valor de referència i base per al càlcul i la comparació de les categories d'impacte ambiental avaluades.



3.1 Estat de la qüestió de l'anàlisi de cicle de vida ambiental (ACV-A)

3.1.1 Història i enfocament de les ACV

El que actualment s'anomena anàlisi de cicle de vida (ACV) és la denominació que va prendre la comunitat internacional d'experts l'any 1991 [Werner 2005]. Actualment, la denominació ACV és sinònim d'ACV-A.

La crisi del petroli de començaments dels anys setanta va potenciar l'interès per l'anàlisi de cicle de vida. L'enfrontament militar d'Israel contra Síria i Egipte l'any 1973 va fer que l'OPEP³ embargués el subministrament de petroli d'Europa i dels EEUU en resposta a la decisió de recolzar militarment Israel. Això va provocar l'increment dels preus del petroli, i va fer palesa la dependència dels combustibles fòssils pel creixement industrial i l'economia mundial. Així va créixer l'interès per les energies alternatives i per desenvolupar productes ambientalment responsables.

L'any 1972 es va publicar l'informe *els límits del creixement* ("Limits to growth") [Meadows *et al.* 1972], realitzat en el marc del Club Roma⁴, que destacava el creixement ràpid de la població mundial i les incidències negatives que aquesta tenia sobre les matèries primeres i els recursos energètics finits. Aquest informe va despertar una major consciència i interès per la protecció del medi ambient després de la crisi del petroli. També és interessant destacar la publicació de l'any de 1972 titulada *Un pla per a la supervivència* ("A blueprint for survival") [Goldsmith *et al.* 1972], que va precedir la primera cimera mundial sobre ambient i desenvolupament feta a Estocolm el 1972 (Conferència de les Nacions Unides de 1972 sobre Ambient Humà). En aquesta cimera es van establir les bases que desembocarien de manera formal en l'informe Brundtland de 1987: *el nostre futur comú* ("Our common future") [Brundtland *et al.* 1987]. Aquest

³ OPEP: Organització de Països Exportadors de Petroli.

⁴ Club Roma: el va fundar el 1968 Aurelio Peccei, un industrial italià, i Alexander King, un científic escocès, amb la finalitat de dur a terme activitats que potenciessin un desenvolupament i creixement industrial més dignificant des del punt de vista humà.

informe defineix el concepte de desenvolupament sostenible com a política ambiental global per afrontar els problemes ambientals mundials, regionals i locals i es va presentar i discutir àmpliament en la Cimera de Rio de l'any 1992 [McCammon 1992]. En ella es va fer un crida perquè s'efectuessin canvis radicals en els patrons de consum i producció i s'evités així el col·lapse de la humanitat.

L'any 1979 es va fundar la SETAC⁵, que segueix sent avui dia una de les organitzacions líders en el desenvolupament i promoció de metodologies per a l'ACV. El 1985, una directiva de la Comunitat Econòmica Europea ja va incorporar l'aplicació del pensament de cicle de vida en exigir als fabricants identificar i monitoritzar el consum d'energia i materials, i la generació de residus en els productes [Pearce 1998].

L'any 1992 es va fundar la SPOLD⁶, que va ser una associació de 20 grans empreses d'Europa que tenia per objectiu potenciar el desenvolupament de l'ACV i promoure la seva aplicació en la indústria. Desafortunadament, la SPOLD va dissoldre's a finals de l'any 2001 [Bretz 1998]. A l'agost de 1993, la SETAC va publicar "SETAC guidelines for Life Cycle Assessment: a code of practice" [Koroneos *et al.* 2004], on es va començar a deixar clar el marc de treball per a realitzar estudis d'ACV.

El 16 de juny de 1997 es va publicar la primera norma internacional de la sèrie ISO 14040 sobre ACV, titulada "Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework". Aquesta i les subsegüents van ser substituïdes per les ISO 14040 i 14044 publicades el 2006 [ISO-14040 2006, ISO-14044 2006].

L'iniciativa iniciada el 2002 de l'UNEP⁷-SETAC per a l'ACV ("UNEP-SETAC life cycle initiative") és el fòrum mundial d'experts més important per a l'estudi i la difusió de l'ACV. De l'any 1999 al 2003 es va disparar la venda de llicències de programari per a la

⁵ SETAC: societat de toxicologia i química ambiental ("Society of Environmental Toxicology and Chemistry").

⁶ SPOLD: societat per a la promoció del desenvolupament de l'ACV ("Society for the Promotion of LCA Development").

⁷ UNEP: programa ambiental de les nacions unides ("United Nations Environment Programme")



realització d'ACVs, duplicant-se. Des del 2002 s'ha seguit impulsant l'ACV en el món, s'han format associacions d'ACV per regions i s'han desenvolupat models per ordinador [Palosuo *et al.* 2010].

L'any 2004, el programa ambiental de les Nacions Unides (UNEP) en col·laboració amb la societat de toxicologia i química ambiental (SETAC) unides en la iniciativa del cicle de vida van crear un grup de treball ("Task Force") amb l'objectiu, entre altres, de convertir l'eina de l'ACV-A en una eina de desenvolupament sostenible basada en els tres pilars, establint un marc per a la inclusió d'aspectes socioeconòmics en l'ACV-A.

En l'actualitat, la normalització de l'ACV ha arribat a la seva maduresa i s'espera que el seu progrés continuï més lentament que fa 10 o 15 anys. Per altra banda, l'ACV encara és un camp actiu de recerca i s'esperen nous avanços metodològics com la definició de categories d'impacte complexes, ACVs conseqüencials i l'ús correcte de l'ACV en la gestió del cicle de vida entre d'altres [Kloepffer 2008].

3.1.2 Metodologia general de l'Anàlisi de Cicle de Vida

L'anàlisi de cicle de vida (ACV) és a grans trets una metodologia per a avaluar productes i processos tot prenent en consideració els consums, les emissions, els productes i els coproductes generats. En l'ACV, cal fer el recompte –en el detall que es consideri necessari– de productes, processos, consums, emissions o altres factors importants que intervenen en el marc de treball fixat per a cada cas [Fullana *et al.* 1997].

Existeix una normativa internacional específica [ISO-14040 2006, ISO-14044 2006] que marca unes directrius a seguir a l'hora de fer una ACV. Les 4 fases que componen una ACV són: objectiu i abast, inventari del cicle de vida, avaluació d'impactes del cicle de vida i interpretació dels resultats, tal i com es mostra a la **Figura 3-1**.

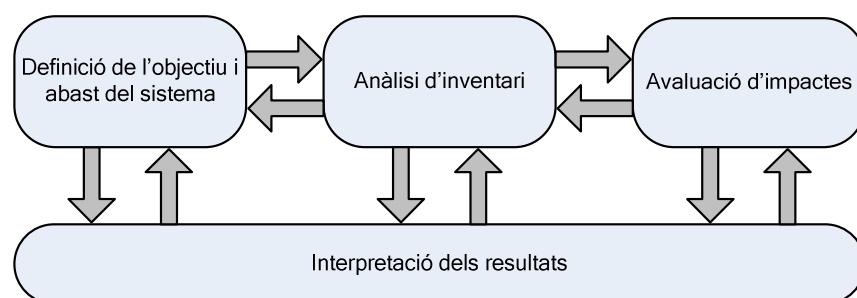


Figura 3-1 Esquema de les fases de l'anàlisi de cicle de vida.

La fase de definició de l'*objectiu i abast* (de l'anglès “Goal and Scope”) és la primera fase, en la que cal formular i especificar l'objectiu i l'abast de l'estudi en relació amb l'aplicació prevista. L'estudi es descriu en referència a una *unitat funcional* a la qual aniran referides totes les dades. A més de descriure la unitat funcional, en aquesta fase s'han de definir els límits del sistema, que determinen els processos que s'inclouen en l'ACV. Finalment, la fase de definició de l'objectiu i l'abast inclou una descripció del mètode aplicat per avaluar els impactes ambientals i les categories d'impacte incloses.

La segona fase és l'*anàlisi d'inventari del cicle de vida*, ICV (“Life cycle inventory analysis”, LCI), que inclou la recopilació de les dades i el modelat del sistema així com la descripció i la verificació de les dades. S'han d'inventariar les dades d'entrades i sortides per tots els processos inclosos en els límits del sistema. Les entrades i sortides del sistema inclouen entrades de material, energia, productes químics, ..., així com sortides d'emissions a l'aire, emissions a l'aigua o residus sòlids.

En general, els inventaris del cicle de vida i els models es duen a terme utilitzant paquets de programari específic. Segons el paquet de programari utilitzat és possible realitzar paral·lelament les anàlisis econòmica i social amb la mediambiental.

Els programaris específics més emprats per a dur a terme ACVs són el GaBi 4 [**PE-International 2010**] i el SimaPro 7 [**PRé-Consultants 2010**]. Ambdós programaris cobreixen les necessitats bàsiques de processar les dades d'una ACV.

Les dades s'han d'introduir en referència a la unitat funcional establerta en la definició d'objectius i abast. Aquestes dades es poden presentar en taules i en aquesta fase ja es poden fer algunes interpretacions. L'inventari proporciona informació sobre totes les entrades i sortides en forma de fluxos procedents i amb destí al medi de tots els processos implicats en l'estudi.

L'*avaluació d'impactes del cicle de vida*, AICV (“life cycle impact assessment”, LCIA) és la tercera fase i té com a objectiu avaluar la contribució a les categories d'impacte com l'escalfament global, acidificació, etc. El primer pas es denomina classificació, on les dades procedents de l'inventari s'agrupen en diverses categories, en base a l'impacte ambiental al qual s'espera que contribueixin (per exemple esgotament de recursos, eutrofització de les aigües, ...). El següent pas és la caracterització, on els impactes



produïts pels agents contaminants es calculen en base a l'inventari en forma d'indicadors (mesures quantificades dels impactes) i s'usen uns factors de ponderació determinats per agregar-los en forma de categories d'impacte com es mostra a l'**Equació 3-1** [Ulgiati *et al.* 2011].

$$\text{Equació 3-1} \quad \text{Categoria d'impacte}_j = \sum_{i=1}^n p_{i,j} \cdot I_i$$

On $p_{i,j}$ és el factor de ponderació de la categoria d'impacte j de l'emissió del contaminant i i I_i és la quantitat de contaminant i (indicador d'impacte). Es tracta d'una agregació ponderada de tots els contaminants que afecten a cada impacte com es mostra a l'esquema de la **Figura 3-2** [Brenttrup *et al.* 2001].

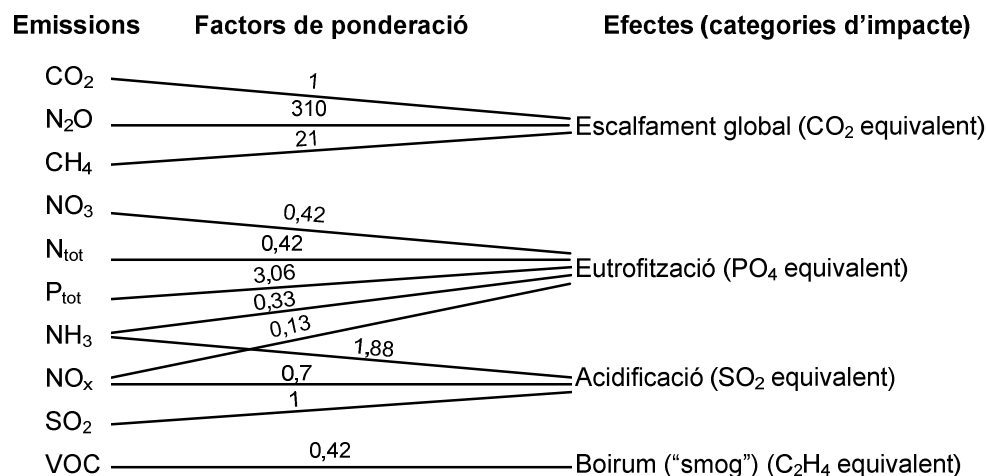


Figura 3-2 Caracterització mitjançant l'eco-indicador 95 (adaptat de Brenttrup *et al.* [2001]).

El següent pas és la ponderació, assignant un factor a cada categoria d'impacte segons la seva importància relativa per possibilitar la comparació de diferents sistemes mitjançant un valor únic [Paracchini *et al.* 2011]. Cal remarcar que els criteris d'aquest pas no són científics, sinó que es basen en preferències i valors socials. És un pas que no sempre es duu a terme, doncs introdueix una gran subjectivitat a l'avaluació.

La quarta i última fase és la *interpretació* dels resultats. Aquesta etapa porta a la conclusió de si l'objectiu i abast es poden assolir. Totes les conclusions es redacten en aquesta fase.

Existeixen variants dins l'ACV com els anàlisis *del bressol a la tomba* (“cradle to grave analysis”) que comprenen la producció, ús, reutilització, reciclatge i deposició d'un producte (cicle complet), anàlisis *del bressol a la porta* (“cradle to gate”) que cobreixen des de la producció del producte a la porta de la fàbrica on s'ha produït, ometent l'ús i eliminació del mateix, anàlisis *del bressol al bressol* (“cradle to cradle”) per a productes que es reciclen al final de la seva vida útil i anàlisis *del pou a la roda* (“well to wheel”) com a cas particular per estudis sobre carburants en el transport. També existeixen casos particulars dins aquest últim, per tal d'estudiar diferents parts del mateix: pou a estació, estació a roda, pou a dipòsit i dipòsit a roda.

Les ACV tradicionals consisteixen en determinar els recursos necessaris i la producció de productes i contaminants per un sistema concret en un moment determinat. A aquestes se les anomena ACV atribucionals, per distingir-les de les ACV conseqüencials, desenvolupades en els últims anys i que analitzen com canviarà el marc definit en l'anàlisi amb l'ús d'una tecnologia determinada o amb la fabricació d'un producte nou en un entorn ja establert.

3.1.3 ACV-A. ACV aplicades a biocarburants

Existeixen ACV-A aplicades a molts àmbits, publicades en revistes científiques indexades. Entre elles destaca la revista “International Journal of LCA”, dedicada exclusivament a l'anàlisi de cicle de vida.

Les ACV aplicades a biocarburants són en general de la variant *del pou a la roda*. Tot i això, també hi ha altres variants com ja s'ha comentat. Molts estudis es centren en la producció de la matèria primera del biocarburant estudiat i el seu processat, doncs són les etapes on habitualment es troben la majoria dels impactes.

Com que el biocarburant objecte d'estudi, l'oli de colza, és un biocarburant de primera generació, cal tenir en compte que la part del procés referent als sistemes agrícoles és molt important, doncs proporciona la matèria primera.

Per modelitzar un sistema agrícola cal tenir en compte les variables que hi intervenen i també la seva modelització [Milà 2003]. Una modelització en perspectiva d'ACV es pot plantejar com la que es mostra a la **Figura 3-3**.

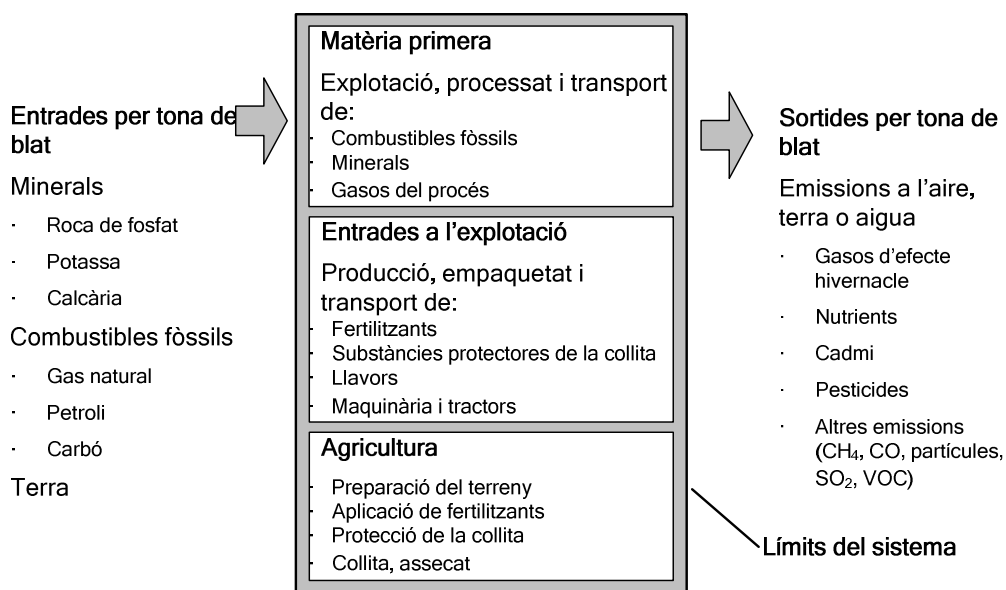


Figura 3-3 Límits del sistema, entrades i sortides rellevants en un model d'ACV de producció de blat [Brenttrup *et al.* 2004].

Per a poder dur a terme una ACV, la fase que habitualment suposa més temps és la realització de l'inventari. En el cas dels biocarburants cal obtenir informació de pagesos i cooperatives de la zona d'estudi i dels processos de transformació de la matèria primera (premsat i refinat). És important també la informació que es pot extreure de publicacions en forma de tesis doctorals i articles que tracten el conreu, processat i ús de l'oli de colza com a biocarburant:

- Els conreus, l'ús del terreny i les seves emissions [Anton *et al.* 2007, Chiaramonti *et al.* 2010, Flessa *et al.* 2002, Hulsbergen *et al.* 2001, Steeneveldt *et al.* 2006, Supit *et al.* 2010].
- El processat de la colza i ús dels coproductes del seu conreu [Ozcimen *et al.* 2004, Schone *et al.* 1998, Thiyam *et al.* 2004, Veldsink *et al.* 1999].
- Els estudis i comparatives de biocarburants entre els quals hi hagi olis vegetals o metil èsters provinents de la colza [Bernesson *et al.* 2004, Bringezu *et al.* 2009, Gasol *et al.* 2007, Halleux *et al.* 2008, Peterson *et al.* 1998, Reijnders *et al.* 2008, Weidema *et al.* 2000].
- Aplicabilitat i metodologia de les ACV [Dreyer *et al.* 2003, Garraín 2009, Guinée *et al.* 2009, Singh *et al.* 2010, Suh *et al.* 2010, Weidema *et al.* 2010].

- ACVs específiques i comparatives de conreus i de biocarburants on hi intervén la colza [Daugaard *et al.* 2008, Gasol *et al.* 2009, Lechón *et al.* 2006, Russi 2008, Schmidt 2007, Schmidt 2010, Sheehan *et al.* 1998].
- Els estudis sobre l'ús d'olis vegetals en motors dièsel [He *et al.* 2003, Krahel *et al.* 2007, Labeckas *et al.* 2006, McDonnell *et al.* 1999, Nwafor 2003, Nwafor 2004, Nwafor *et al.* 2000, Soltic *et al.* 2009, Thuneke *et al.* 2007].
- Tecnologies de reducció de les emissions com l'AdBlue [BlueCat 2005, der Wiesche 2007]. L'AdBlue és un compost en base urea que redueix les emissions d'NO_x dels motors de combustió. És utilitzat per a complir les noves regulacions Euro IV i V en vehicles de gran tonatge.
- Mètodes específics de comparació de fonts d'energia com l'EROI [Mulder *et al.* 2008, Murphy *et al.* 2010, Russi 2008]. L'EROI (de l'anglès "Energy Return on Investment") es podria traduir com a retorn de l'energia invertida, i és un mètode emprat per avaluar l'energia que s'obté al final del processat de combustibles, de manera que proporciona la relació entre l'energia que s'inverteix en obtenir-lo contra l'energia que posseeix el propi combustible.

Amb la base d'aquests treballs i ACVs es planteja l'avaluació del model proposat en base a la metodologia de l'anàlisi de cicle de vida.

3.2 Avaluació ambiental del model d'explotació proposat

S'ha preparat el model d'explotació proposat i les dades recopilades per a ser tractades per a desenvolupar una ACV ambiental. Es prepara el model per possibilitar la seva extrapolació a altres zones mitjançant la seva parametrització.

Aquesta avaluació ambiental del model presentat a l'apartat 2.4 té en compte 4 possibilitats de conreu i l'etapa de processat de la llavor de colza per obtenir oli vegetal cru. L'ús de dièsel o OVC com a combustible pel tractor es té en compte en quant a consum i emissions. Els diferents conreus es combinen segons els escenaris proposats.



El model es desenvolupa mitjançant el programari GaBi 4 [PE-International 2010]. Les dades del conreu, les necessitats de fertilització i els rendiments agrícoles s'obtenen per la comarca de l'Anoia. Aquestes dades han estat recollides dels agricultors locals i validades per Unió de Pagesos, com a cooperativa agrícola local. Per acabar, la robustesa dels resultats es verifica mitjançant una anàlisi de sensibilitat.

3.2.1 Plantejament de l'ACV-A

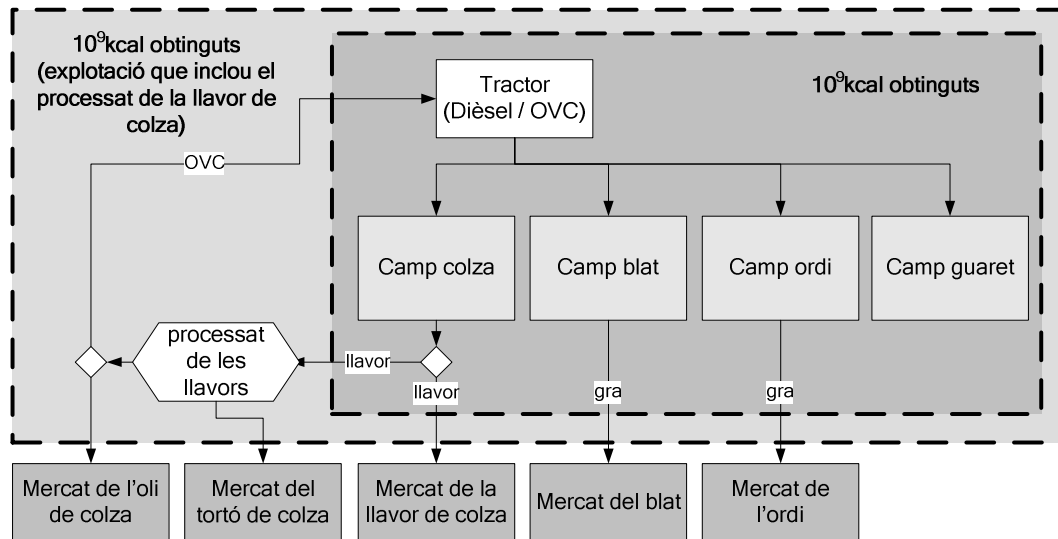
L'objectiu d'aquest estudi és avaluar ambientalment el sistema convencional de conreu i les alternatives quan introduïm la colza en la rotació de conreus de la Catalunya central. L'ús d'oli de colza com a combustible alternatiu al dièsel s'estudia en la seva vessant ambiental. Es fixa la **unitat funcional** en 10^9 kcal d'energia obtinguda dels productes del camp. Aquest valor és una aproximació de la quantitat d'energia produïda en 100 ha usant la rotació de conreus actual en l'àrea estudiada. La unitat funcional es calcula en funció de l'ús final dels productes (veure **Taula 3-1**), de manera que coneixent la superfície de conreu i el rendiment de la collita s'obté la producció (kg), que es pot convertir a energia (kcal) a través dels valors presentats. Es considera que el mètode de conreu és la sembra directa.

Taula 3-1 Valor energètic dels productes obtinguts (kcal/kg)		
	energia	font
Colza per alimentació humana	4750	[USDA 2009]
Oli de colza per alimentació humana	8840	[USDA 2009]
Oli de colza com a OVC	9029	[Grau <i>et al.</i> 2010]
Tortó per alimentació animal	2650	[FEDNA 2003]
Blat per alimentació humana	3400	[USDA 2009]
Ordi per alimentació humana	3520	[USDA 2009]

Els **límits del sistema** inclouen una explotació agrícola en la que es consideren diferents tipus de conreu tal i com es veu a la **Figura 3-4**. El destí dels productes obtinguts no es considera dins els límits estudiats, només l'energia que proporcionen aquests productes. Aquests límits abasten:

- Fluxos materials d'entrada: fertilitzants, herbicides, insecticides, fungicides, combustible dièsel i llavors per a la sembra.

- Etares de conreu: la fertilització, l'aplicació d'herbicides, d'insecticides i de fungicides, la sembra, la collita i el transport del gra i la llavor a les instal·lacions de la cooperativa agrícola.
- Etares de processat: incloent els processos de transport, premsat, filtrat i desgomat.


Figura 3-4 Esquema del tipus de conreu i unitat funcional (10^9 kcal produïdes en l'explotació agrícola).

El model base es compon de tres tipus de conreus: l'ordi, el blat i la colza. També s'inclou una quarta opció, el guaret. També s'incorpora el processat de les llavors per obtenir l'OVC a l'explotació. La **Taula 3-2** mostra els 6 escenaris avaluats d'acord amb les diferents possibilitats d'explotació agrícola a la regió considerada.

Taula 3-2 Escenaris considerats en l'avaluació ambiental

Escenaris	Rotació ¹	Combustible usat	Destí de la llavor de colza	Destí de l'oli de colza
Dièsel actual	BOOO	Dièsel	-	-
Dièsel clàssic	BOOOG	Dièsel	-	-
Dièsel colza	CBOOO	Dièsel	Tota venuda al mercat	-
Dièsel colza-oli	CBOOO	Dièsel	Tota convertida a oli	Tot venut al mercat
OVC colza	CBOOO	OVC	Part processada ² i la resta venuda al mercat	Usat com a OVC
OVC colza-oli	CBOOO	OVC	Tota convertida en oli	Part usat com a OVC ² i la resta venut al mercat

¹C: Colza, B Blat, O: Ordi, G: Guaret

²La quantitat necessària per cobrir les necessitats de combustible és la que es considera.



L'inventari del cicle de vida (ICV) es descriu de forma resumida a l'apartat 3.2.2 i l'avaluació d'impactes es fa en base a les categories proposades per la universitat de Leiden tal com s'explica en l'apartat 3.2.3. Pel que fa l'avaluació energètica, cal tenir en compte que els productes obtinguts no són només combustibles. El rati energètic usat es calcula dividint l'energia obtinguda (unitat funcional) per l'aportació d'energia necessària per obtenir-la.

3.2.2 Inventari per a la realització de l'ACV-A

En aquest apartat s'exposen les dades i les assumpcions considerades per a l'avaluació ambiental. A la **Figura 3-5** es mostren de forma esquemàtica tots els processos amb les seves entrades i sortides per al model proposat. Les taules d'inventari completes per al model presentat es mostren en l'annex A.3. Les emissions del tractor quan funciona amb OVC i amb dièsel també s'hi adjunten, així com les emissions del camp considerades.

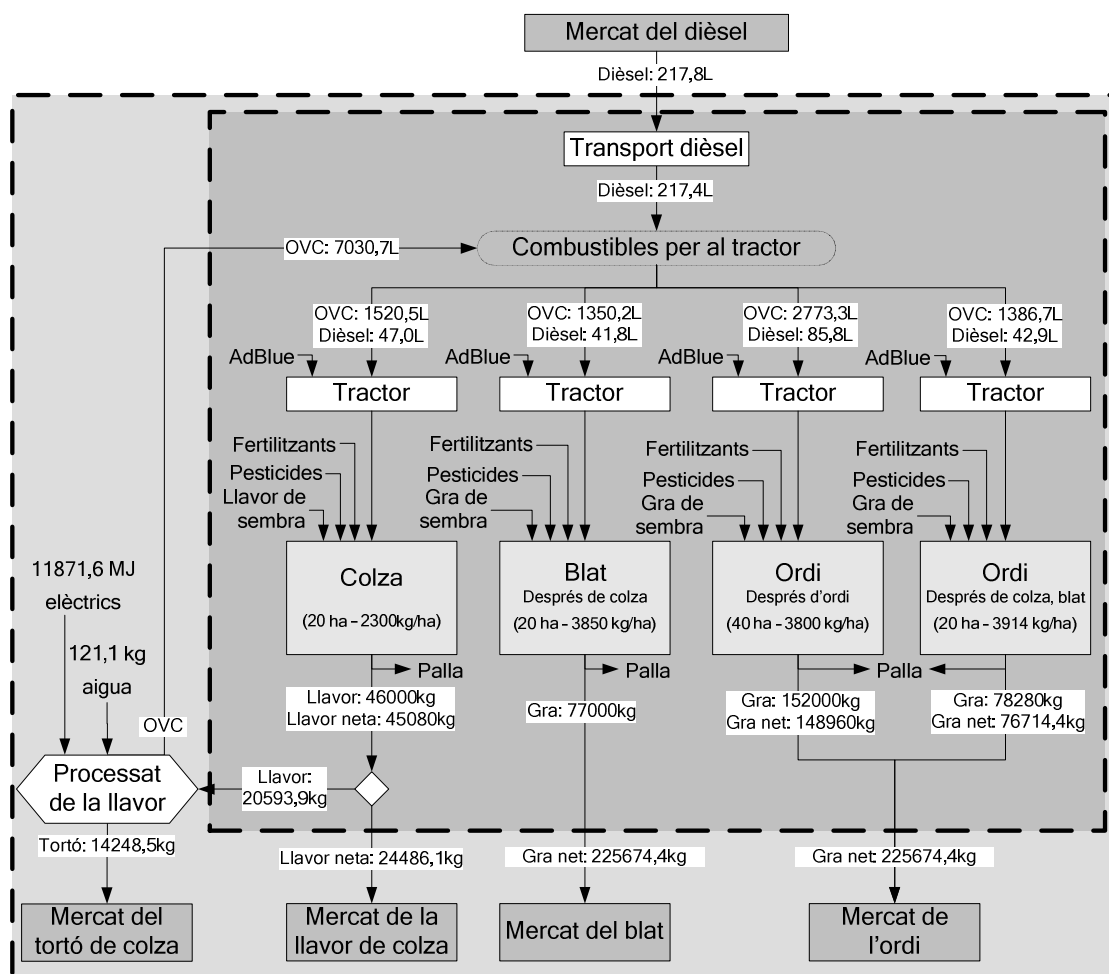


Figura 3-5 Model en GaBi de la combinació de conreus per estudiar els escenaris considerats.

Sistema del camp on es fa el conreu

Es considera el mateix tipus de camp per als diferents tipus de conreu. El sistema del camp (entrades i sortides mostrades a la **Taula 3-3**) s'usa pels diferents conreus amb les corresponents entrades i sortides.

Taula 3-3 Entrades i sortides del sistema del camp	
Entrades	Sortides
Fertilitzants	Producció agrícola
Insecticides	Amoníac (emissions inorgàniques a l'aire)
Herbicides	Òxids de nitrogen (emissions inorgàniques a l'aire)
Llavor de sembra	Òxid nitrós (emissions inorgàniques a l'aire)
Treball agrícola	Fòsfor (emissions inorgàniques a l'aigua dolça)

Les emissions d'òxid nitrós (N_2O) dels sòls agrícoles són una part important de les emissions totals de gasos d'efecte hivernacle, GEH [Katerji *et al.* 2008]. Aquestes emissions depenen de variables com la pluja, la humitat i la temperatura del sòl i el mètode d'aplicació de fertilitzants. Les emissions de N_2O de sòls agrícoles es consideren segons el mètode de l'IPCC [2006], tenint en compte les emissions directes i indirectes del nitrogen aplicat. El valor de les emissions directes (1% del nitrogen aplicat) té un alt grau d'incertesa com assenyalen diversos autors [Crutzen *et al.* 2008, Reijnders *et al.* 2008].

Les emissions d'òxids de nitrogen (NO_x) són considerades com un 10% de les emissions de N_2O del camp segons Ausdley [1997]. Les emissions d'amoníac (NH_3) es consideren com un 2% del nitrat d'amoni i un 4% del fertilitzant NPK en pes de NPK [Gasol *et al.* 2007]. El fòsfor (P) lixiviat a l'aigua dolça es considera com un 11% del P aplicat amb els fertilitzants segons Gasol *et al.* [2007].

L'entrada de *llavor de sembra* es té en compte prenent en consideració la producció d'aquesta llavor. Des d'un punt de vista mediambiental, la llavor de sembra es considera equivalent a la llavor produïda en el mateix camp modelat. Es consideren també les hores de treball del tractor necessàries per a realitzar les diferents operacions en el camp (*treball agrícola*), que tindrà en compte si usa dièsel o OVC com a carburant d'acord amb les dades obtingudes en la recopilació de dades [Berenguer 2008, Canals 2009, Vidal 2008].



Els *fertilitzants*, *pesticides*, *llavors de sembra* i el treball agrícola usats per a cada conreu es detallaran a continuació, dins el subapartat tipus de conreus.

Tipus de conreus

El blat i l'ordi es troben molt estesos en les àrees mediterrànies seques [Alvaro-Fuentes *et al.* 2009, Madejon *et al.* 2009] i també són els més comuns en l'àrea estudiada [Idescat 2010]. La colza pot ser-hi també conreada, tot i tenir uns rendiments menors que en zones humides del centre d'Europa com s'ha comentat en el **Capítol 1**.

La *producció agrícola* i els *fertilitzants* són paràmetres bàsics que poden afectar molt el model. Els productors locals són la font d'on s'obtenen les produccions agrícoles mitjanes i el consum de fertilitzants. Les dades d'unitats d'elements fertilitzants i els fertilitzants comercials considerats pel model es mostren a la **Taula 3-4**.

Taula 3-4 Necessitats de fertilització per ordi, blat i colza			
	Ordi	Blat	Colza
Producció agrícola (kg/ha)	3800	3500	2300
Unitats dels elements bàsics de fertilització			
Unitats de N	91,2	122,5	115
Unitats de P	91,2	87,5	55,2
Unitats de K	91,2	122,5	46
Unitats de S	-	-	46
Quantitats equivalents de fertilitzants considerats en el model			
Clorur de potassi (kg/ha)	-	58	-
Nitrat d'amoni (kg/ha)	-	103	176
NPK 15-15-15 (kg/ha)	608	583	368

Aquests conreus requereixen l'aplicació de *plaguicides* adequats per a cada un d'ells. Els tipus i quantitats de plaguicides utilitzats en la regió d'estudi són diverses, però a causa de la manca de dades de producció de cada un d'ells, s'ha escollit els plaguicides equivalents de la base de dades de GaBi [PE-International 2010], que són: *Alachlor* (herbicida), *Carbofuran* (insecticida) i *Benomil* (fungicida).

Les dades ambientals de la producció de fertilitzants i pesticides s'obtenen de l'extensió XII de la base de dades anomenada *matèries renovables* [PE-International 2010], en la

que s'inclou el transport transoceànic i ferroviari o mitjançant camions cisterna des de i fins als principals ports europeus.

Les quantitats de *llavor de sembra* necessàries per a cada cultiu són de 3,5 kg/ha de llavor de colza, 200 kg/ha per al blat i 180 kg/ha per a l'ordi.

El *treball agrícola* es considera en hores, però també s'ha de tenir en compte el consum per a cada tipus de tasca agrícola. Es prendrà un consum mitjà de combustible dièsel de 19 L/h. El temps mitjà de treball amb el tractor per hectàrea es considera en funció del tipus de conreu (colza: 3,75 h/ha, blat: 3,33 h/ha, ordi: 3,42 h/ha i guaret: 0,67 h/ha). Aquestes dades estan desglossades a la **Taula 3-5** i s'han obtingut de productors locals, per tant, poden variar en funció de la zona considerada (tipus d'explotació i orografia del terreny).

Taula 3-5 Temps i consum de combustible per cada tasca agrícola i per tipus de conreu.

	Ordi		Blat		Colza		Guaret	
	h/ha	L/ha	h/ha	L/ha	h/ha	L/ha	h/ha	L/ha
Tractament de preemergència	0,33	9	0,33	9	0,33	9	0,67	18
Fertilitzar (P, K, S)	0,50	7	0,50	7	0,50	7	-	-
Sembrar	0,50	10	0,50	10	0,50	10	-	-
Fertilitzar (N)	0,50	7	0,50	7	0,50	7	-	-
Aplicar herbicides	0,33	4	0,33	4	0,33	4	-	-
Collita	0,92	20	0,83	20	1,25	25	-	-
Transport gra/llavor	0,33	8	0,33	8	0,33	8	-	-

Rotació de conreus

En el sòl es poden desenvolupar agents patògens si els conreus que els serveixen d'aliment es cultiven de forma repetida en el mateix camp [Mattsson *et al.* 2000]. La rotació de conreus s'usa per a pal·liar aquest efecte, essent el pesticida natural per excel·lència. Clàssicament s'usava el guaret per permetre al sòl recuperar alguns dels nutrients extrets en la collita. Actualment, l'ús de pesticides i fertilitzants redueix la necessitat de les rotacions i l'ús del guaret. Tot i això, encara és molt interessant considerar la rotació com un potenciador del rendiment del camp. Per exemple, la colza en rotació amb blat i ordi pot reduir les plagues que els afecten [Mattsson *et al.* 2000].

En el cas concret considerat, amb una rotació CBOOO tal i com s'ha comentat a l'**apartat 2.2.5**, el rendiment del blat després de la colza es veu incrementat en un 10% i



l'ordi després d'aquest blat (2 anys després de la colza) un 3% d'acord amb els productors locals. Les rotacions considerades es plantegen en els escenaris avaluats (**Taula 3-2**).

Processat de les collites i coproductes obtinguts de la colza

Les llavors i el gra collits han de ser tamisats i, a vegades, assecats abans del seu emmagatzematge o processat. El tamisat és el procés utilitzat per a separar les llavors i el gra de les impureses recollides del camp. Les impureses en general són residus del conreu i petites pedres. Representen aproximadament el 2% del pes total processat d'acord amb les dades subministrades per cooperatives locals [**de la Peña 2009**].

L'etapa d'assecatge es realitza per reduir el contingut d'aigua de les llavors (de colza en aquest cas) quan és necessari. Les llavors de colza en general són collides amb un contingut mitjà d'humitat del 13%, i en general s'assequen fins a un contingut d'humitat del 7,5-8,5% per a la seva conservació i per mantenir la llavor en la humitat òptima per al premsat. No obstant això, els agricultors de la zona d'estudi remarquen que l'etapa d'assecatge és generalment innecessària gràcies a les condicions climàtiques de la zona d'estudi. Per tant, no es considera l'assecat dels grans i les llavors en aquesta ACV-A.

Els coproductes de la colza, palla, tortó i oli tenen diferents destins. La palla recuperada del tamisat es torna al camp, ja que serveix de fertilitzant per la collita següent. Les llavors de colza es poden vendre al mercat de la colza o bé es poden processar per obtenir oli i tortó.

Es proposa un tractament a petita escala de la llavor de colza, consistent en un premsat en fred usant una premsa de cargol i un desgomat. El processat complet requereix 0,55 MJ d'energia elèctrica per quilo de llavor premsada. Aquest valor es calcula a partir del consum d'energia elèctrica que té la premsa de cargol de 500 kg/h seleccionada [**Bosquet 2009, Braack 2009**]. El desgomat per aigua es considera que consumeix 0,09 MJ d'energia elèctrica i 0,02 kg d'aigua per kg de llavor processada [**Lechón et al. 2006**].

Tecnologia per l'ús d'OVC i emissions del tractor

Ja s'ha discutit l'ús de modificacions per poder usar l'OVC en els motors dièsel. En aquesta avaluació es considerarà el mètode dels dos dipòsits, per tant es consumirà una mica de dièsel per engegar i parar el motor i OVC la resta del temps. El consum estimat de

dièsel és del 3% del consum total d'OVC. El consum d'oli es considera un 10% superior al de dièsel degut al diferent contingut energètic dels combustibles. La **Taula 3-6** mostra aquest valor com a cas més desfavorable.

Taula 3-6 Propietats del dièsel, l'OVC no escalfat (a temperatura ambient) i l'OVC escalfat a 70 °C segons diversos autors.

Combustible	PCS [Nwafor 2004]			PCI [Altin <i>et al.</i> 2001]		
	Dièsel	OVC no escalfat	OVC escalfat a 70 °C	Dièsel	OVC no escalfat	OVC escalfat a 70 °C
PCS ¹ (MJ/kg)	45,23	39,08	39,08			
PCI ² (MJ/kg)				43,35	37,62	37,62
Densitat (kg/dm ³)	0,844	0,918	0,884	0,815	0,914	0,884 ³
Contingut energètic (MJ/dm ³)	38,17	35,88	34,55	35,33	34,38	33,11
Increment de consum (%)		+6,02%	+9,50%		+2,68%	+5,87%

¹ PCS: Poder calorífic superior

² PCI: Poder calorífic inferior

³ Considerat com en l'estudi de Nwafor [2004]

Les dades d'impactes ambientals del dièsel es prenen de la base de dades de GaBi [PE-International 2010] i s'usa la mitjana europea de distància de transport de 100 km [Lewis 1997].

Les emissions del tractor es consideren en funció del combustible que utilitza. Les emissions usant dièsel es prenen de la base de dades de GaBi per al procés "universal tractor" [PE-International 2010]. Pel que fa a les emissions quan consumeix OVC s'han calculat segons Thunke *et al.* [2007] i s'ha modificat el procés de GaBi per poder seleccionar un dels dos combustibles.

Per tal de complir amb les noves normes europees d'emissions, el tractor es considera equipat amb un reductor catalític selectiu (SCR) per al tractament dels gasos d'escapament del vehicle. Aquest reductor (AdBlue) funciona mitjançant la injecció d'una solució d'urea en els gasos d'escapament per reduir part dels NO_x emesos a N₂ i H₂O [Klingstedt *et al.* 2006]. També es consideren doncs, la producció d'urea i el consum del tractor. El volum la solució d'urea usada és d'un 4,14% del combustible consumit [BlueCat 2005].

Les emissions de CO₂ del tractor funcionant amb OVC es consideren nul·les, doncs es compensen per la quantitat d'aquest gas absorbida durant el creixement de la planta de



colza (balanç neutre de CO₂) [Gasol *et al.* 2009]. Les emissions de SO₂ també es consideren nul·les pels biocombustibles degut al seu baix contingut de sofre [Vaitilingom *et al.* 1998].

Model informàtic per a l'ACV-A

Tal i com ja s'ha comentat, el model del present treball ha estat desenvolupat amb el programari GaBi 4 [PE-International 2010]. A la **Figura 3-6** es mostra el model general, que engloba cada un dels conreus previstos per a representar les diferents rotacions establertes per a cada escenari avaluat.

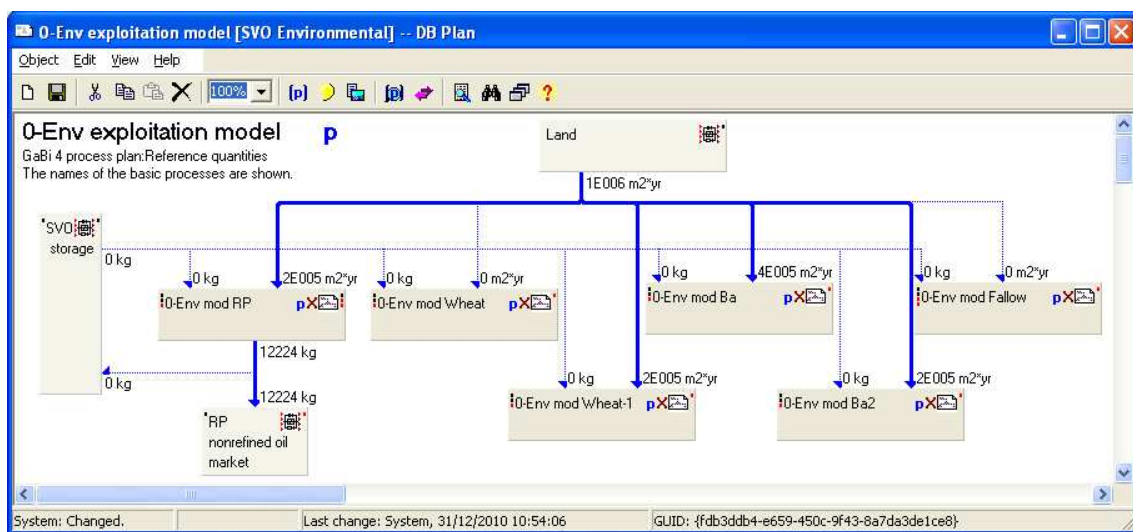


Figura 3-6 Model en GaBi de la combinació de conreus per estudiar els escenaris considerats.

El model realitzat mitjançant el programari GaBi per al conreu de colza es mostra a la **Figura 3-7**. En ella es poden veure les diferents etapes del procés i la connexió entre elles.

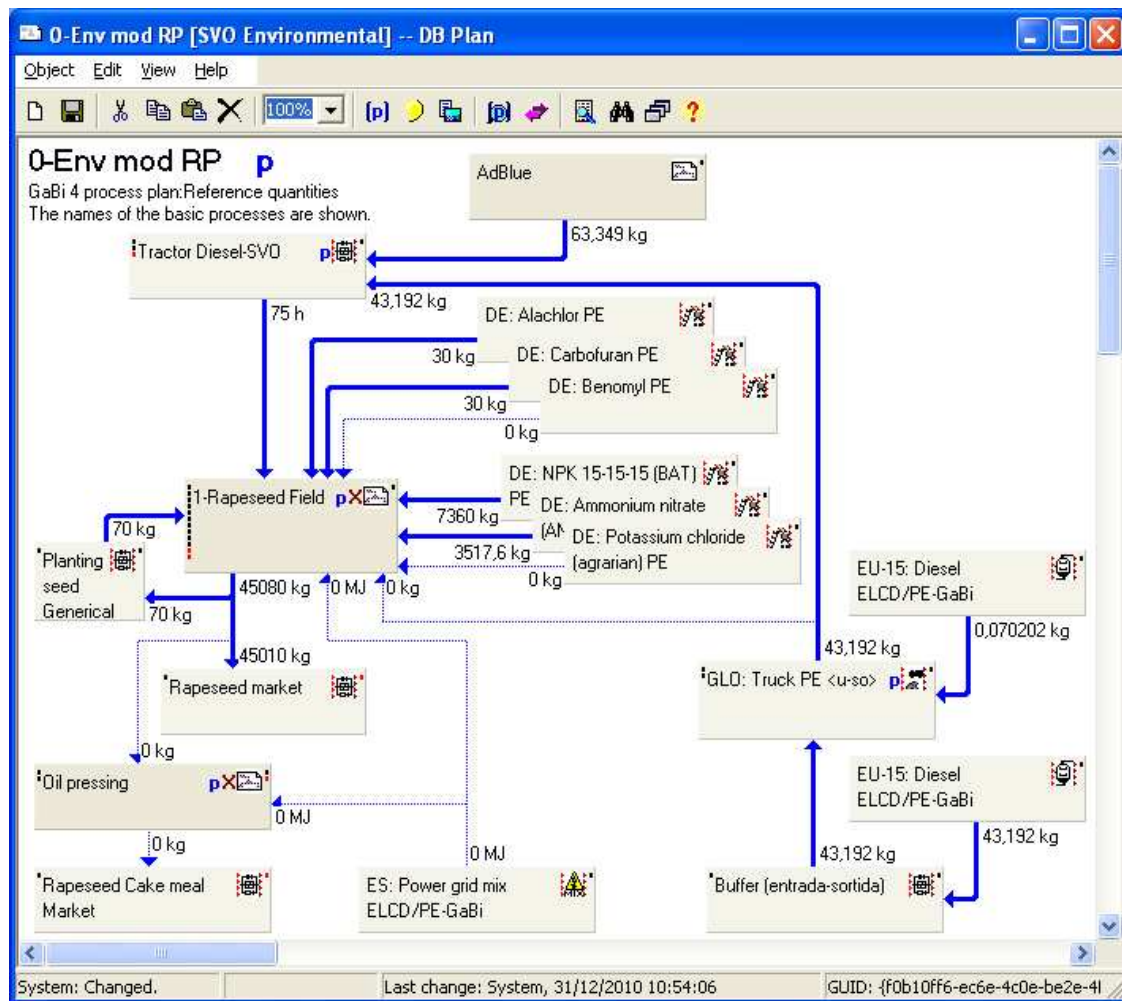


Figura 3-7 Model en GaBi del camp de colza amb les seves entrades i sortides.

La modelització mitjançant aquest programari permet la introducció de paràmetres i la vinculació dels mateixos entre processos i plans. Això permet usar el mateix model per avaluar diferents escenaris fent ús d'aquests paràmetres.

Un exemple de procés parametritzat es mostra a la **Figura 3-8**. En aquesta figura es veuen les entrades i sortides del procés i la parametrització per tal de poder seleccionar el tipus de combustible del tractor i les emissions corresponents a aquest combustible mitjançant un valor 0 o 1 en el paràmetre *D_SVO*.

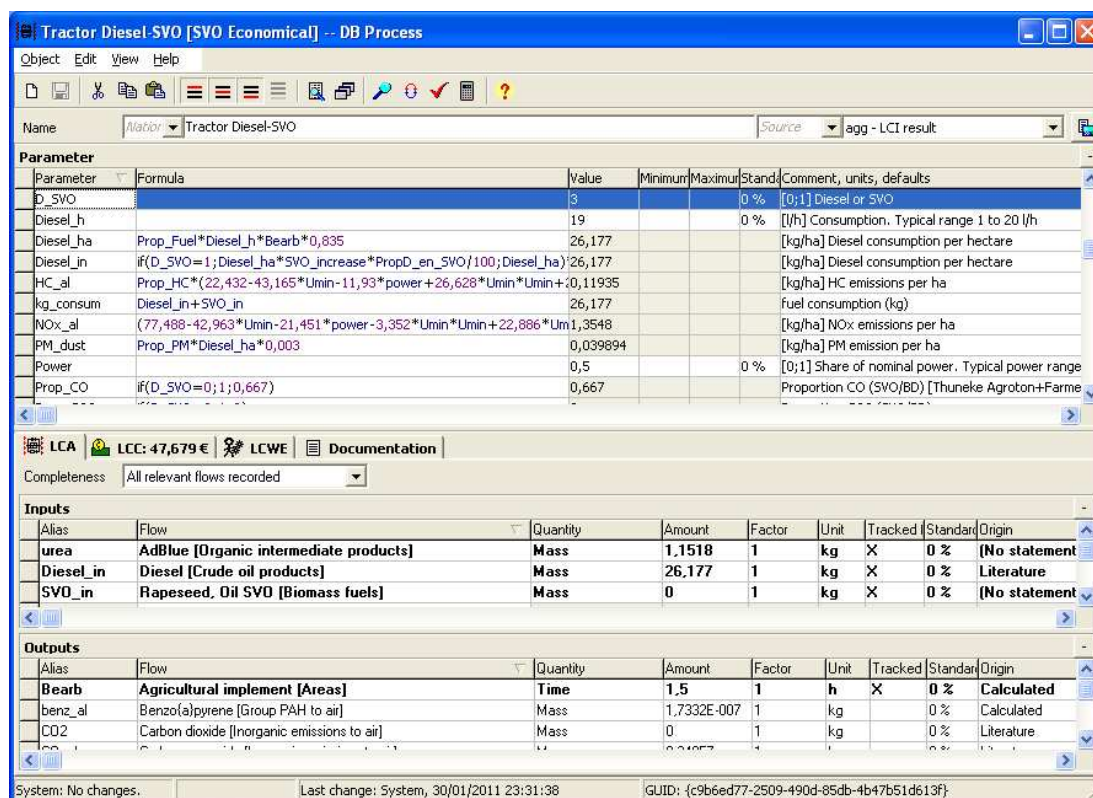


Figura 3-8 Procés parametritzat del tractor en programari GaBi.

Tal i com s'ha comentat, les emissions pel tractor es calculen a partir de dades experimentals [Thuneke *et al.* 2007]. Les entrades i sortides (entre elles les emissions) considerades per al tractor usant dièsel o OVC es mostren a la **Taula 3-7**.

Taula 3-7 Entrades i sortides per al dièsel i l'OVC per al procés del tractor.

	Unitats	Dièsel	OVC
Entrades			
AdBlue	kg	0,6981	0,8447
Combustible dièsel	kg	15,8650	0,5759
Combustible OVC	kg	0,0000	18,6208
Sortides			
Treball agrícola	h	1	1
Benzopirè (emissions a l'aire)	kg	$8,48 \cdot 10^{-08}$	$1,16 \cdot 10^{-07}$
Diòxid de carboni (emissions a l'aire)	kg	50,4507	0,0000
Monòxid de carboni (emissions a l'aire)	kg	0,2186	0,1604
Partícules (emissions a l'aire)	kg	0,0476	0,0266
Òxids de nitrogen (emissions a l'aire)	kg	0,8211	0,9032
Compostos orgànics volàtils (emissions a l'aire)	kg	0,0584	0,0796
Diòxid de sofre (emissions a l'aire)	kg	0,0008	0,0000

3.2.3 Categories d'impacte escollides per a l'avaluació d'impactes

El mètode escollit per a avaluar els impactes és el CML2001 de l'Institut de Ciències Ambientals de la Universitat de Leiden, ja que és un dels que genera més consens internacional i evita la subjectivitat [Alvaro-Fuentes *et al.* 2009, Guinée JB. 2001]. El mètode CML té un enfocament ampli, que abasta totes les emissions i impactes relacionats amb els recursos utilitzats [Ortiz *et al.* 2009]. Les deu categories escollides es mostren a la **Taula 3-8**.

Taula 3-8 Categories d'impacte del mètode CML2001 seleccionades per avaluar ambientalment el model proposat.

PERA	Potencial d'esgotament de recursos abiòtics (kg Sb-equiv.)
PA	Potencial d'acidificació (kg de SO ₂ -equiv.)
PE	Potencial d'eutrofització (kg de fosfat-equiv.)
PEAD	Potencial d'ecotoxicitat en l'aigua dolça (kg DCB-equiv.)
PEG	Potencial d'escalfament global (100 anys) (kg de CO ₂ equivalent.)
PTH	Potencial de toxicitat humana (kg DCB-equiv.)
PEAM	Potencial d'ecotoxicitat en l'aigua marina (kg DCB-equiv.)
PECO	Potencial d'esgotament de la capa d'ozó (estat d'equilibri) (kg R11-equiv.)
PCOT	Potencial de formació d'ozó troposfèric (kg etè-equiv.)
PET	Potencial d'ecotoxicitat terrestre (kg DCB-equiv.)

A més de les deu categories d'impacte del CML2001 [Guinée *et al.* 2001, Guinée JB. 2001], també s'analitzen l'ocupació del sòl i el consum d'energia. L'ocupació del sòl representa la quantitat de terra necessària per obtenir l'energia de la unitat funcional.

Per avaluar l'eficiència del procés és important realitzar una comparació energètica. El rati de retorn d'energia invertida (EROI) s'utilitza com a concepte sintetitzador per a l'avaluació de biocombustibles [Mulder *et al.* 2008]. Atès que l'objectiu de qualsevol combustible és proporcionar energia, la proporció d'energia produïda vers l'energia consumida durant la producció és una mesura important de l'eficiència del procés. Tot i això, el càlcul d'aquest indicador pot conduir a resultats diferents tal i com assenyalen Russi [2008] i Mulder *et al.* [2008]. L'EROI es defineix de forma genèrica com el quocient entre l'energia obtinguda d'un producte i l'energia utilitzada directament i indirecta en els processos involucrats per obtenir-lo (**Equació 3-2**).



$$\text{Equació 3-2} \quad EROI_{\text{escenari X}} = \frac{\sum \text{Energia obtinguda}}{\sum \text{Energia usada en el sistema}}$$

Per poder aplicar aquest concepte, cal que les sortides del model considerat tinguin un ús energètic directe, per tant, i considerant l'energia equivalent dels aliments que obtenim com s'ha plantejat en la unitat funcional, cal definir una variant de l'EROI, que anomenarem **Rati d'Energia en el Conreu (REC)**. Es calcularà de la mateixa manera que l'EROI, però tenint en compte les energies equivalents dels productes amb destí alimentari com a numerador (**Equació 3-3**).

$$\text{Equació 3-3} \quad REC_{\text{escenari X}} = \frac{UF_{\text{escenari X}}}{\sum \text{Energia usada en el sistema}}$$

On $UF_{\text{escenari X}}$ és el valor de la unitat funcional per l'escenari X estudiat, que es calcula sumant l'energia equivalent dels productes produïts, seguint la **Taula 3-1**.

3.2.4 Resultats de l'ACV-A

Avaluació d'impactes del cicle de vida

Es consideren diferents tipus de conreu: *Blat*, *Blat-1*, *Colza*, *Guaret*, *Ordi* i *Ordi-2*. El tipus *Blat-1* significa conreu de blat un any després de la colza i *Ordi-2* conreu d'ordi dos anys després de la colza i un després del blat (amb les produccions augmentades per l'efecte de la colza com ja s'ha comentat).

Els resultats obtinguts per les 10 categories d'impacte del CML2001, el consum energètic i l'ocupació del sòl prenent com a referència l'escenari *dièsel actual* es mostren a la **Figura 3-9**. Els escenaris mostrats són els que ja s'han definit anteriorment en la **Taula 3-2**. Els valors dels resultats es recullen en forma de taules en l'**annex A.4**.

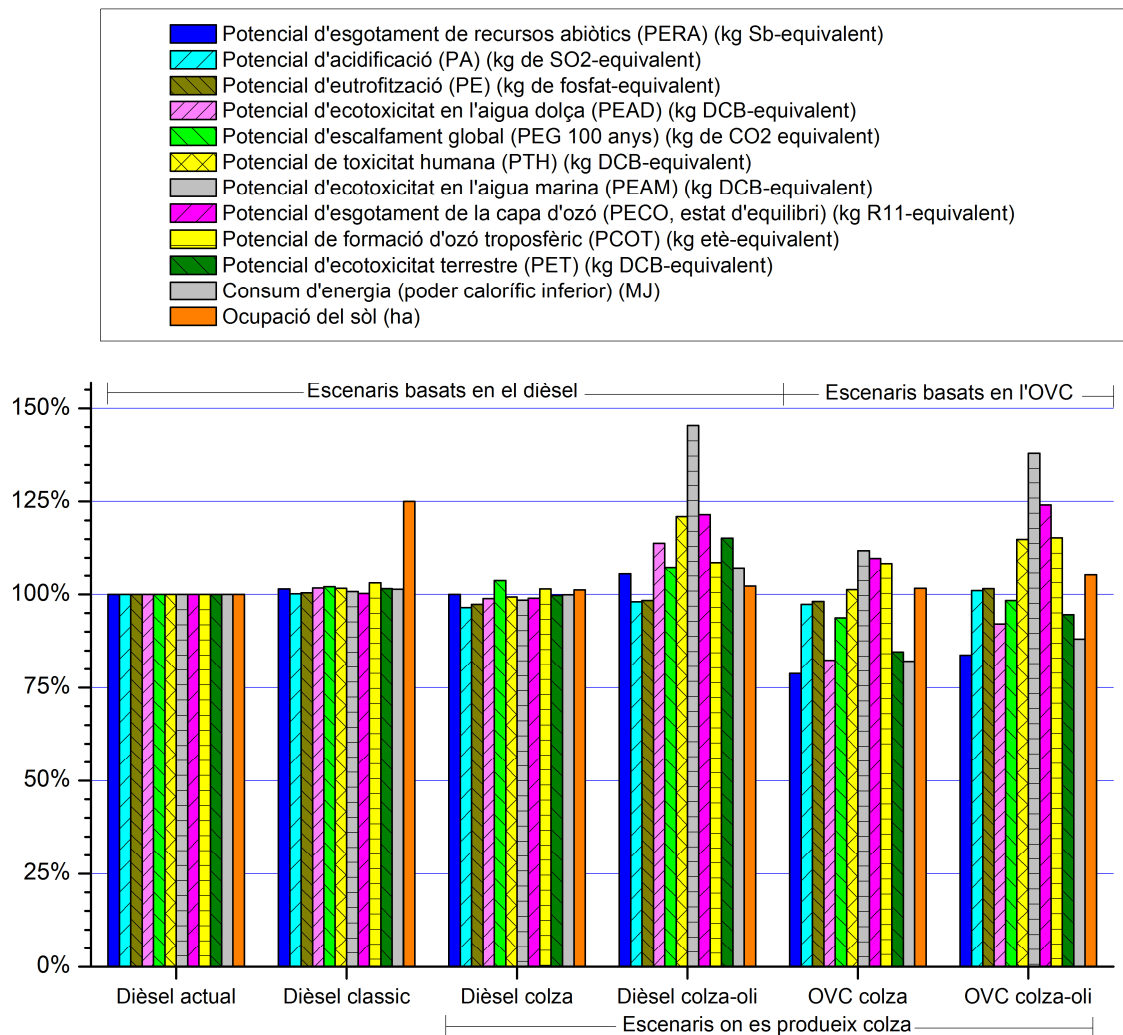


Figura 3-9 Resultats ambientals, energètics i ocupació del sòl per als escenaris considerats.

La **Figura 3-9** mostra que l'escenari *dièsel clàssic* és una mica pitjor des del punt de vista ambiental que l'escenari actual de dièsel a causa de la manca de producció del camp en la fase de guaret.

Els escenaris que incorporen el conreu de la colza també es mostren a la **Figura 3-9**. Els dos escenaris basats en l'OVC, on s'usa oli vegetal com a biocarburant, tenen un menor impacte ambiental en la major part de les categories d'impacte en comparació amb els dos escenaris corresponents que utilitzen dièsel. Els escenaris on tota la producció de colza es transforma en oli (*dièsel colza-oli* i *OVC colza-oli*) són ambientalment pitjors que quan no es processa o només se'n processa una part. Això és d'esperar, doncs s'afegeix un nou procés (etapa de premsat), amb el seu consum (principalment energia elèctrica) i les seves emissions. L'eficiència de l'etapa de premsat és baixa degut a l'actual tecnologia de premsat en fred. Per tant, si l'eficiència millora, els resultats per a l'OVC poden millorar.



El potencial d'esgotament de recursos abiòtics (PERA), el potencial d'ecotoxicitat en l'aigua dolça (PEAD) i el consum energètic són clarament menors en els escenaris basats en l'OVC. Per altra banda, el PEAM, el PECO i el PCOT són millors pels escenaris basats en dièsel.

L'ocupació del sòl es calcula en funció de la unitat funcional per a cada escenari, i mostra un clar desavantatge per l'escenari *dièsel clàssic*, doncs inclou el guaret (durant el que no hi ha producció). Es pot observar un petit increment de l'ocupació del sòl en els escenaris *dièsel colza* i *OVC colza*, però és menor de l'1,7%. Aquest valor disminuiria si s'obtingués una major producció en el conreu de la colza. Això pot succeir, doncs la producció escollida és la més desfavorable de la zona.

Així doncs, la comparació té més sentit centrar-la en els escenaris *dièsel actual*, *dièsel colza* i *OVC colza* per determinar la influència de la introducció de la colza i l'ús de l'OVC com a biocarburant per a consum propi. La **Figura 3-10** mostra els resultats d'aquests 3 escenaris i la contribució dels diferents conreus en cada categoria d'impacte.

D'acord amb la **Figura 3-10**, els dos escenaris que usen dièsel com a combustible principal tenen uns resultats força semblants. L'escenari que usa OVC és millor que els escenaris amb dièsel en totes les categories d'impacte excepte tres, el PEAM, el PECO i el PCOT. Per tant, l'ús d'OVC per l'autoconsum agrícola és en general millor que el dièsel, efecte que es pot potenciar si es millora el rendiment de l'etapa de premsat. A més a més, si els tractors fossin dissenyats específicament per al seu ús amb OVC, l'escenari *OVC colza* podria obtenir millors resultats.

L'energia elèctrica usada en l'obtenció d'OVC (principalment premsat) afecta negativament al PTH, al PEAM i al PECO comparats amb l'ús de només dièsel. Aquest consum també afecta al PEAD, al PCOT i al TETP, però aquest efecte no canvia la comparació entre els escenaris *dièsel colza* i *OVC colza*.

És clar doncs que l'escenari *OVC colza* és pitjor que el *dièsel actual* en només 3 categories: PEAM, PECO i PCOT. El PEAM i el PECO són pitjors degut al consum d'energia elèctrica en el processat de la llavor per obtenir oli. El PCOT és pitjor degut a les emissions del tractor i la producció d'AdBlue. Les emissions del tractor alimentat amb OVC causen un increment del 5,9% en el PCOT comparant-lo amb el dièsel (l'increment

de l'NO_x i els compostos orgànics volàtils és major que la reducció en CO i SO₂). El consum d'AdBlue en tractors alimentats amb OVC s'incrementa alhora que incrementa el consum de combustible.

Es pot obtenir un millor rendiment en tractors alimentats amb OVC ajustant els paràmetres del motor. Aquests canvis en els motors actuals poden ajudar a reduir aquesta diferència en els resultats dels impactes del cycle de vida.

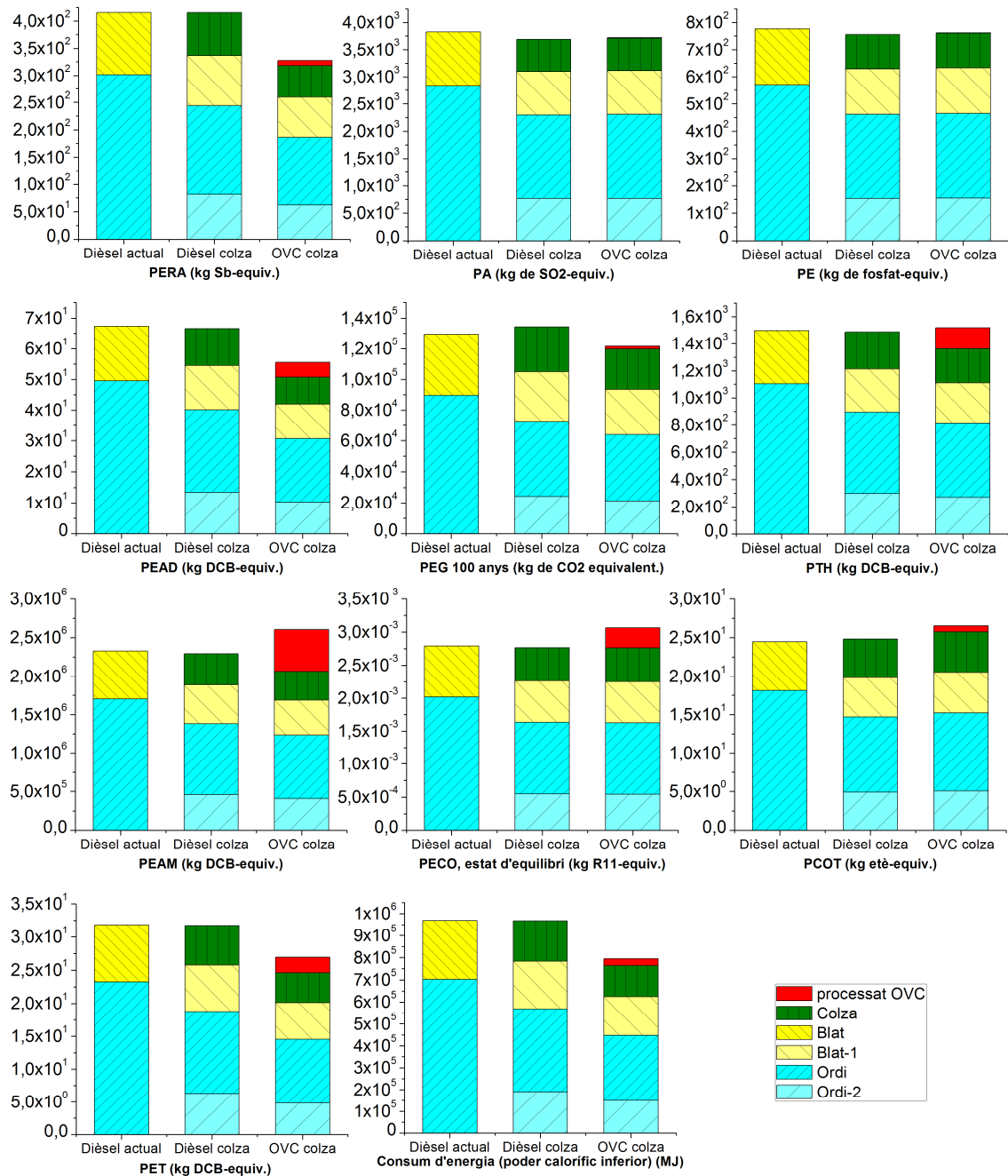


Figura 3-10 Categories d'impacte (CML2001) i consum energètic per als escenaris considerats.



Consum energètic

El **rati d'energia en el conreu (REC)** es calcula segons l'**Equació 3-3**, i es mostra superior per l'escenari *OVC colza* comparat amb els altres (veure **Taula 3-9**). Per tant, s'observa un avantatge per als escenaris que usen colza, sobretot per a l'escenari *OVC colza* amb un REC un 21,7% més alt que el de l'escenari *dièsel colza*.

Taula 3-9 Rati d'energia en el conreu.		
Escenari	REC	% en referència a escenari base
Dièsel actual	4,32	100,0%
Dièsel clàssic	4,26	98,7%
Dièsel colza	4,32	100,1%
Dièsel colza-oli	4,03	93,3%
OVC colza	5,26	121,7%
OVC colza-oli	4,90	113,5%

3.2.5 Estudi de sensibilitat dels resultats ambientals

Per tal de validar els resultats, s'ha dut a terme una anàlisi de sensibilitat per estudiar com afecten la variació dels paràmetres escollits sobre els resultats obtinguts. El principal contribuent a la majoria de les categories d'impacte és la producció de fertilitzant NPK i el transport, excepte per al PCOT (emissions de tractor) i el PA i el PE (emissions de N_2O i sobretot de NH_3 del camp). El consum d'electricitat per al premsat de colza és el principal contribuent a les categories de toxicitat i al PECO.

L'estudi de sensibilitat inclou els punts que es recullen en la **Taula 3-10**.

Taula 3-10 Estudi de sensibilitat de l'ACV-A.	
Tipus d'anàlisi	Paràmetres i processos avaluats
Variació del $\pm 20\%$	N_2O total emès a l'atmosfera
	NH_3 emès a l'atmosfera
	Consum d'energia del premsat
	Consum fertilitzant NPK 15-15-15
Procés dut o no a terme	Assecat dels productes
Canvi producció considerada	Producció de colza: 2800 kg/ha (producció zona favorable)

Es considera una variació de $\pm 20\%$ per als principals contribuents esmentats per avaluar el seu efecte en les categories d'impacte. Es mostra un exemple dels resultats a la **Taula 3-11** en referència al N_2O total emès a l'atmosfera. L'anàlisi per al N_2O mostra menys de l'1% de variació per a tots els paràmetres a excepció del PEG, que mostra al voltant d'un 6% de variació per als escenaris *dièsel colza* i *OVC colza*, de manera que la comparació no es veu afectada. L'anàlisi de sensibilitat per al NH_3 mostra una variació per ambdós escenaris del PA i el PE del voltant del 18,5%.

Taula 3-11 Exemple d'anàlisi de sensibilitat per la variació de $\pm 20\%$ de l' N_2O total (valor de referència: 1; valor reduït: 0,8; valor incrementat: 1,2).

	Valor reduït: 0,8 (-20%)			Valor de referència: 1 (emissió considerada)			Valor incrementat: 1,2 (+20%)		
	Dièsel actual	Dièsel colza	OVC colza	Dièsel actual	Dièsel colza	OVC colza	Dièsel actual	Dièsel colza	OVC colza
PERA	100,0%	100,0%	78,8%	100,0%	100,0%	78,8%	100,0%	100,0%	78,8%
PA	100,0%	96,4%	97,3%	100,0%	96,5%	97,3%	100,0%	96,5%	97,4%
PE	100,0%	97,2%	98,0%	100,0%	97,3%	98,1%	100,0%	97,4%	98,2%
PEAD	100,0%	98,9%	82,4%	100,0%	98,9%	82,4%	100,0%	98,9%	82,4%
PEG	100,0%	103,3%	92,8%	100,0%	103,7%	93,8%	100,0%	104,0%	94,7%
PTH	100,0%	99,3%	101,3%	100,0%	99,3%	101,3%	100,0%	99,3%	101,4%
PEAM	100,0%	98,5%	111,9%	100,0%	98,5%	111,9%	100,0%	98,5%	111,9%
PECO	100,0%	99,0%	109,8%	100,0%	99,0%	109,8%	100,0%	99,0%	109,8%
PCOT	100,0%	101,4%	108,4%	100,0%	101,4%	108,5%	100,0%	101,5%	108,5%
PET	100,0%	99,8%	84,7%	100,0%	99,8%	84,7%	100,0%	99,8%	84,7%
Consum d'energia	100,0%	99,9%	82,1%	100,0%	99,9%	82,1%	100,0%	99,9%	82,1%

Els valors en verd es troben per sota del 100% (suposen una millora) i els valors en vermell es troben per sobre del 100% (suposen un empitjorament respecte la referència).

L'anàlisi de sensibilitat per al consum d'energia de premsat mostra menys del 2% de variació per a totes les categories d'impacte a part del PEAM (4,1% de diferència), que afecta només a l'escenari *OVC colza*, que és l'únic que requereix l'ús de la premsa. Tot i això, aquesta diferència no afecta a la tendència dels resultats.

Per altra banda, l'anàlisi de sensibilitat del fertilitzant NPK, que és el que més contribueix en els resultats, mostra una lleugera millora per a l'escenari *OVC colza*, però sense modificar les conclusions d'aquest treball. Per tant, l'anàlisi de sensibilitat demostra la validesa de les dades seleccionades pel model presentat.



A més d'aquests paràmetres, una de les hipòtesis que podrien afectar els resultats d'aquest treball és el no contemplar l'etapa d'assecat. Si considerem l'assecatge només per la colza o per a tots els productes, els resultats no mostren diferències significatives.

Una altra hipòtesi que es pot plantejar és l'increment de la producció de colza. Els resultats de considerar la producció favorable de 2800 kg/ha només afecten a l'ocupació del sòl, doncs els altres indicadors varien menys d'un 1% en tots els escenaris.

Els resultats d'aquesta anàlisi de sensibilitat, mostren que les assumpcions preses per a l'avaluació generen uns resultats robusts en front a variacions dels paràmetres.

3.2.6 Conclusions de l'ACV-A

La conclusió general és que la introducció de la colza en la rotació clàssica i el seu ús per produir oli vegetal per a l'autoabastament de combustible disminueix lleugerament la major part dels impactes ambientals considerats.

El REC mostra una preferència pels escenaris que usen OVC, essent el de l'escenari *OVC colza* un 21,7% superior al *dièsel colza*. A més, els impactes ambientals adversos per a l'escenari *OVC colza* (PEAM, PAO i PCOT) són només entre el 8,5% i l'11,9% pitjors que l'escenari de referència. Així i tot, la possibilitat d'un consum d'energia elèctrica ambientalment més neta en l'etapa de premsat s'hauria de considerar per disminuir l'efecte d'aquests tres impactes.

Ajustar els paràmetres del motor dièsel alimentat amb OVC pot reduir el PCOT i les emissions del tractor. D'altra banda, l'ocupació del sòl s'incrementa en només un 1,66%, que pot ser reduït si s'obté un major rendiment del conreu de la colza. A la franja alta de producció de colza de la zona (és a dir, si es considera un rendiment de 2800 kg/ha, enlloc dels 2300 kg/ha), l'ocupació del sòl en l'escenari *OVC colza* respecte l'escenari de referència per assolir la unitat funcional fixada (energia obtinguda del camp) es reduiria en un 1,74%. Aquest increment de producció però, no fa variar els altres resultats ambientals.

El perfil ambiental d'aquest model és útil per a la investigació i la presa de decisions. Tal i com en qualsevol altre estudi d'ACV, els resultats mostren les categories d'impacte que milloren, les que empitjoren i quins són els factors més importants que les afecten i per conseqüent, com es poden millorar.

CAPÍTOL 4. ANÀLISI DE CICLE DE VIDA ECONÒMIC

La metodologia de l'anàlisi de cicle de vida econòmic (ACV-E) permet la recopilació i avaluació de les entrades, sortides i del benefici econòmic potencial del sistema d'un producte durant tot el seu cicle de vida [Lee *et al.* 2009]. Existeixen diferents enfocaments al voltant de l'ACV-E en funció del seu objectiu, els costos involucrats i el propi context de l'avaluació econòmica. Tradicionalment les comparacions econòmiques es basen en els costos inicials i el guany estimat. Tot i això, s'han de considerar els costos d'ús i manteniment i també les externalitats que poden afectar al model econòmic com poden ser la inestabilitat de preus o les polítiques ambientals. Aquestes externalitats es poden tenir en compte de diverses maneres, per exemple en forma d'impostos i ajuts.

L'objectiu d'aquest capítol és presentar l'estat de la qüestió de les ACV-E i desenvolupar una ACV-E d'un model d'explotació agrícola. Aquest model agrícola permet l'autoabastament de combustible (OVC) a partir del conreu i processat de la colza en rotació amb el blat i l'ordi.

El model proposat s'avalua econòmicament en comparació amb diversos escenaris. Es duu a terme un estudi dels paràmetres que afecten al rendiment econòmic del model, tenint en compte la comptabilització dels impactes ambientals, els impostos sobre els combustibles i les ajudes als conreus. Finalment es mostren les expectatives d'evolució dels resultats obtinguts en funció del temps.



4.1 Estat de la qüestió de l'anàlisi de cicle de vida econòmic (ACV-E)

4.1.1 Història i enfocament de les ACV-E

La importància de les ACV-E va créixer des de finals dels 90 quan es va començar el desenvolupament del pensament de cicle de vida.

L'ACV-E com a anàlisi econòmica basada en el cicle de vida resumeix tots els costos associats amb el cicle de vida d'un producte que siguin assumits directament per un o varis actors en aquest cicle de vida (per exemple proveïdors, productors, usuaris o consumidors i també els que participen en la fi de la vida útil del producte). Aquests costos es refereixen als fluxos de diners reals per evitar la superposició amb les ACV-A, que succeiria si es valoressin econòmicament els impactes ambientals [Kloepffer 2008].

L'ACV-E és més antiga que l'ACV-A, tot i que encara no està normalitzada excepte per a finalitats molt específiques. La metodologia basada en l'ACV, anomenada en anglès Life Cycle Costing (LCC), té per objecte:

- comparar els costos de les alternatives en cicle de vida d'un producte o servei
- detectar factors de cost directes i indirectes (ocults)
- identificar els avantatges i desavantatges en el cicle de vida d'un producte
- registrar les millores realitzades per una empresa pel que fa a un producte determinat

Cal assenyalar que l'ACV-E està destinada a ser utilitzada per a estimacions aproximades de cost, per exemple en el desenvolupament de productes o anàlisis de màrqueting. Per la seva naturalesa comparativa i sistemàtica, no és un mètode que pugui reemplaçar les comptabilitat financera tradicional.

El 2008 es va publicar el llibre “Environmental life cycle costing” [Hunkeler *et al.* 2008], que presenta la base per establir la metodologia de l'ACV-E de caire ambiental. Segueix l'estructura de l'ACV definida en la norma **ISO 14040 [2006]**. Té en compte tot el cicle de la vida físic d'un producte, incloent el seu ús i la fase de final de vida del

producte, evitant el doble comptatge de costos externs que poden aparèixer en el futur a causa dels danys ambientals. Aquests costos futurs, per exemple a causa del canvi climàtic o dels residus radioactius són difícils o fins i tot impossibles d'estimar. Els costos externs que s'espera que siguin rellevants en un futur proper s'hauran d'incloure en l'anàlisi.

4.1.2 Metodologia i variants de les ACV-E

L'ACV-E es realitza sobre la mateixa base que l'ACV-A. Això inclou la definició d'una unitat funcional i d'uns límits del sistema de forma similar. Idealment, s'hauria de disposar d'una ACV-A per al mateix cicle de vida del producte, tot i que es pot realitzar una ACV-E com a avaluació per si sola.

En comparació amb l'ACV-A, l'ACV-E no té una avaluació d'impactes. El resultat agregat és un cost calculat en funció de la unitat funcional i expressat en una moneda (habitualment la del país on es realitza l'avaluació). És molt temptador per tant usar el preu del producte com una aproximació del resultat agregat, doncs el preu conté implícit el cost de les matèries primeres, els intermediaris i altres. Tot i això, també conté el marge de beneficis, però habitualment no inclou el cost de les fases d'ús i fi de vida del producte. Aquestes últimes poden superar el cost de compra d'un producte, especialment si en la fase d'ús existeix un consum energètic o un manteniment elevat. La fi de vida del producte es té en compte a vegades en el preu, però depèn de la política dels països i de l'empresa.

Igual que en l'ACV-A, el detall de les fases del cicle de vida no s'ha de perdre durant l'agregació. Només d'aquesta manera, les oportunitats de reducció del cost poden ser identificades completament. Aquest és un punt important per productes i serveis ecològics, que sovint són més cars que els productes tradicionals amb els que competeixen en el mercat (per exemple les bombetes de baix consum respecte les incandescent). El fet que aquests productes són més barats si es té en compte tot el cicle de vida és un fet habitualment ignorat pels consumidors.

L'ACV-E és un complement útil per a l'avaluació de sostenibilitat, doncs els productes sostenibles haurien de ser rentables i no excessivament cars, sinó, no seran acceptats pel mercat. Com que les decisions dels compradors són habitualment en funció del preu dels productes, la informació que proporcionen les ACV-E (que inclouen la fase d'ús) poden dur a millors decisions incloent les necessitats de les generacions futures. Aquestes



consideracions mostren que l'ACV-E és útil de forma independent i pot ser complementada per una ACV-A i/o una ACV-S, tot i que en aquests casos potser s'ha de canviar l'objectiu i l'abast del sistema.

Les variants de l'ACV-E que es poden considerar segons la pròpia Guia Econòmica [Hunkeler *et al.* 2008] són:

- Anàlisi de cost de cicle de vida convencional (“Conventional LCC”): representen la comptabilitat financera tradicional. S’usen des de 1960 i només inclouen els costos interns d’un producte habitualment sense tenir en compte el cost de la fi de vida del producte. No tenen connexió amb les avaluacions socials i ambientals.
- Anàlisi de cost de cicle de vida social (“Societal LCC”): els efectes ambientals i socials es valoren econòmicament, però no es diferencien els tres pilars de la sostenibilitat en l’anàlisi. Per tant, existeix un alt risc d’incerteses i manca de transparència en l’anàlisi.
- Anàlisi de cost de cicle de vida ambiental (“Environmental LCC”): consideren tots els costos interns de les empreses i els costos externs que es preveu que puguin convertir-se en interns (impostos sobre residus, permisos d’emissió o altres). És la variant típica per ser usada en la metodologia de l’ACV, doncs es mantenen separades les tres dimensions de la sostenibilitat.

En paral·lel a les ACV-E, existeixen les anàlisis cost-benefici (ACB) que tenen en consideració tots els costos i beneficis esperats per un sistema. Això implica que quan s’aplica una anàlisi cost-benefici basada en l’ACV es poden solapar el resultat de les metodologies.

4.1.3 Estat de desenvolupament actual de les ACV-E

Existeixen ACV-E de caire general [Lemming *et al.* 2010] i també específiques sobre biocarburants. Tot i que no hi ha gaire treballs publicats sobre el tema, la majoria són enfocats a polítiques econòmiques [Bernard *et al.* 2007, Demirbas 2009, Escobar *et al.* 2009, Gopal *et al.* 2009, Mbarawa 2008, Nguyen *et al.* 2008, Styles *et al.* 2008]. Cal tenir en compte també que moltes ACV-E són internes d’empreses, i per tant és difícil que es publiquin de forma oberta.

L'ACV-A ha estat tradicionalment una avaluació estàtica (d'un punt concret en el temps), mentre que l'ACV-E pretén també tractar la modelització quasi-dinàmica, tenint en compte canvis en el temps mitjançant anàlisis de sensibilitat enfocades a escenaris futurs [Guinée *et al.* 2001]. També s'ha de destacar el fet que l'ACV-E considera aspectes com les externalitats en forma d'impostos i ajudes [Hunkeler *et al.* 2008].

L'ACV-E es fa servir en molts camps com són les tècniques de construcció i rehabilitació [Nassen *et al.* 2008, Ouyang *et al.* 2009] fins a altres com l'equipament militar [Guinée *et al.* 2001]. Tot i això, com a mètode orientat a productes, pràcticament no s'utilitza en processos agrícoles.

4.2 Avaluació econòmica del model d'explotació proposat

S'ha preparat el model econòmic, primer recopilant totes les dades i preparant les taules inicials i posteriorment introduint les dades amb l'estructura d'un model d'anàlisi de cicle de vida en el programari GaBi 4 (Figura 4-1). Amb el processat de les dades s'han obtingut uns resultats per al model tradicional, el model actual i el model proposat amb diverses variants (6 escenaris proposats). També s'ha realitzat una anàlisi de sensibilitat per tal de validar les dades i analitzar la casuística proposada.

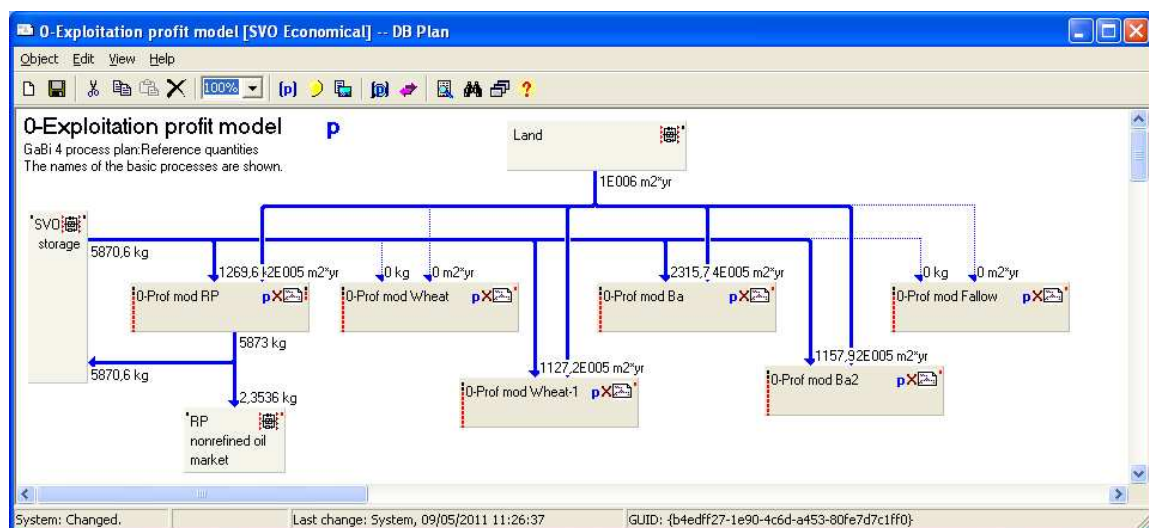


Figura 4-1 Model en GaBi del sistema d'explotació proposat.

El model introduït en el programari GaBi 4 inclou la parametrització de les dades, de manera que es disposen de paràmetres per a poder variar les dades introduïdes en funció



de les condicions que es vulguin aplicar al model. Això fa que es pugui usar el model per fer-lo representatiu per altres zones on es pugui aplicar el mateix tipus de model.

S'usa una ACV-E de caire ambiental, per tenir en compte l'entorn en l'avaluació econòmica. En els apartats on no es comptabilitza l'impacte ambiental, aquesta ACV-E es pot assimilar a una ACB completa, doncs el resultat és el benefici obtingut en un punt del procés (beneficis per l'agricultor), que també es pot calcular a través d'una ACB (encara que no usi un enfocament de cicle de vida).

4.2.1 Plantejament de l'ACV-E

L'**objectiu** principal d'aquesta ACV-E és avaluar les condicions de rendiment econòmic del model proposat en el **Capítol 2**, comparant la rotació de conreus proposada i el processat i ús de la colza amb el model clàssic de conreu en la zona d'estudi. La **unitat funcional** del sistema es fixa en 100 ha de terres conreables, on s'apliquen diferents combinacions de rotacions i processat de la colza. Es pren aquesta unitat funcional per ser representativa per al càlcul econòmic en una explotació agrícola.

Els **límits del sistema** es defineixen al voltant de l'explotació agrícola on es desenvolupa el model proposat amb la combinació de diferents tipus de conreu, tal i com es representa a la **Figura 4-2**. Engloben des de la matèria primera, passant per la gestió dels conreus (sebra, fertilització, tractaments d'herbicida, fungicida i insecticida, collita i transport dels productes) fins la venda de la llavor i el gra. Es considera la tècnica de la sebra directa pels seus beneficis ambientals i econòmics [Alvaro-Fuentes *et al.* 2009, Melero *et al.* 2009].

A més, es considera que el processat de la llavor de colza produeix oli que es pot usar com a biocarburant o bé es pot vendre al mercat de l'oli de colza. El model bàsic per a l'avaluació econòmica està compost per l'agrupació de tres tipus de conreus: colza, blat i ordi. També s'inclou el guaret com a un quart tipus de conreu.

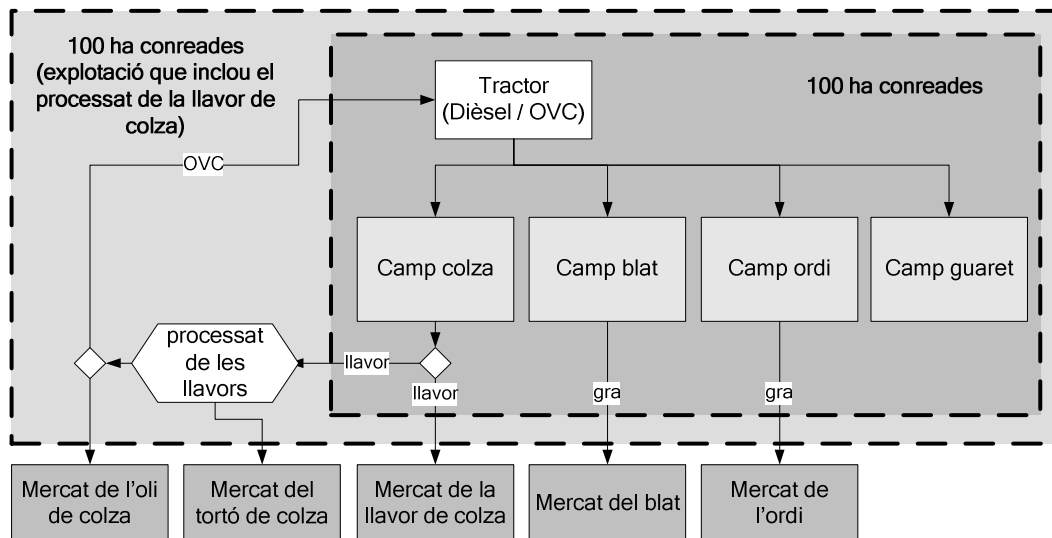


Figura 4-2 Esquema de les possibles etapes en el conreu i unitat funcional (100 ha conreades).

Els escenaris considerats seran els sis mateixos que en el cas de l'ACV-A, *dièsel actual*, *dièsel clàssic*, *dièsel colza*, *dièsel colza-oli*, *OVC colza* i *OVC colza-oli* (veure **Taula 3-2**).

L'**inventari** inclou les dades sobre el treball agrícola, les necessitats de fertilització i els rendiments agrícoles, que s'obtenen de la comarca de l'Anoia, ja recopilades per a l'anàlisi ambiental. Aquestes s'amplien amb les dades econòmiques sobre el model proposat.

4.2.2 Inventari per a la realització de l'ACV-E

En aquest apartat es mostren les dades econòmiques referents al model proposat per a la seva anàlisi econòmica, que es complementen amb les dades del model ja mostrades a l'**apartat 3.2.2**.

Les dades recollides s'usen per completar el model proposat, per exemple amb els valors que es mostren a la **Figura 4-3** (escenari *OVC colza*).

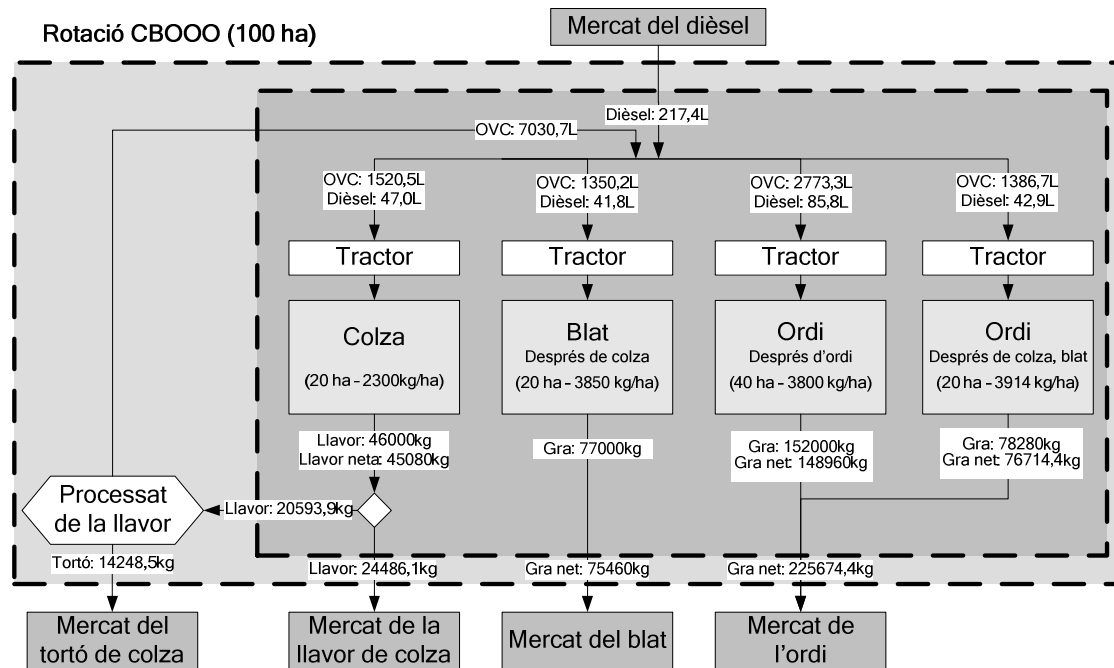


Figura 4-3 Model proposat amb dades sobre els carburants i les produccions considerades.

Sistema del camp on es fa el conreu

Les *llavors de sembra* tenen un valor econòmic corresponent al tipus de conreu. El *treball agrícola* correspon a les hores de tractor associades als treballs a realitzar en el camp i els seus costos associats (tractor, conductor i combustible).

Tipus i rotació de conreus

Els tipus de conreus considerats són l'ordi, el blat i la colza. Les necessitats de fertilització considerades per a les produccions agrícoles ja presentades suposen un cost a tenir en compte que es recull a la **Taula 4-1**.

Taula 4-1 Costos de fertilització per a ordi, blat i colza (abril de 2010)			
	Ordi	Blat	Colza
Producció agrícola (kg/ha)	3800	3500	2300
Costs de fertilització (€/ha)	186.05 €/ha	221.01 €/ha	146.38 €/ha

El cost de fertilització es calcula per a cada tipus de conreu usant un algorisme de cost mínim que combina els fertilitzants per cobrir les necessitats presentades a la **Taula 3-4**.

També cal tenir en compte les hores destinades a cada tipus de conreu per al càlcul econòmic, així com l'increment de consum en usar OVC enlloc de dièsel, com ja s'ha

explicat a l'**apartat 3.2.2**. De la mateixa manera, també es té en compte el cost dels productes fitosanitaris necessaris en el conreu.

Es té en consideració el tipus de rotació i els increments de rendiment obtinguts degut a la introducció de la colza en la rotació. En l'aspecte econòmic, cal destacar que els diferents conreus, així com el guaret, estan subvencionats per la UE a través de la política agrícola comuna (PAC). La superfície destinada al guaret està regulada per controlar la producció de cereals, tot i que en els últims anys aquesta superfície ha estat nul·la.

Preus de mercat

Els preus de mercat són el factor més important en qualsevol estudi econòmic, ja que tan les entrades com les sortides en depenen. La **Figura 4-4** mostra l'evolució dels preus dels productes considerats en aquest treball [European Central Bank 2004-2010, FAOSTAT 2010, Indexmundi 2004-2010, MITYC 2004-2010]. És evident que els resultats poden ser molt diferents depenent de l'instant de temps específic triat per al seu càlcul, per tant, serà important escollir aquest instant.

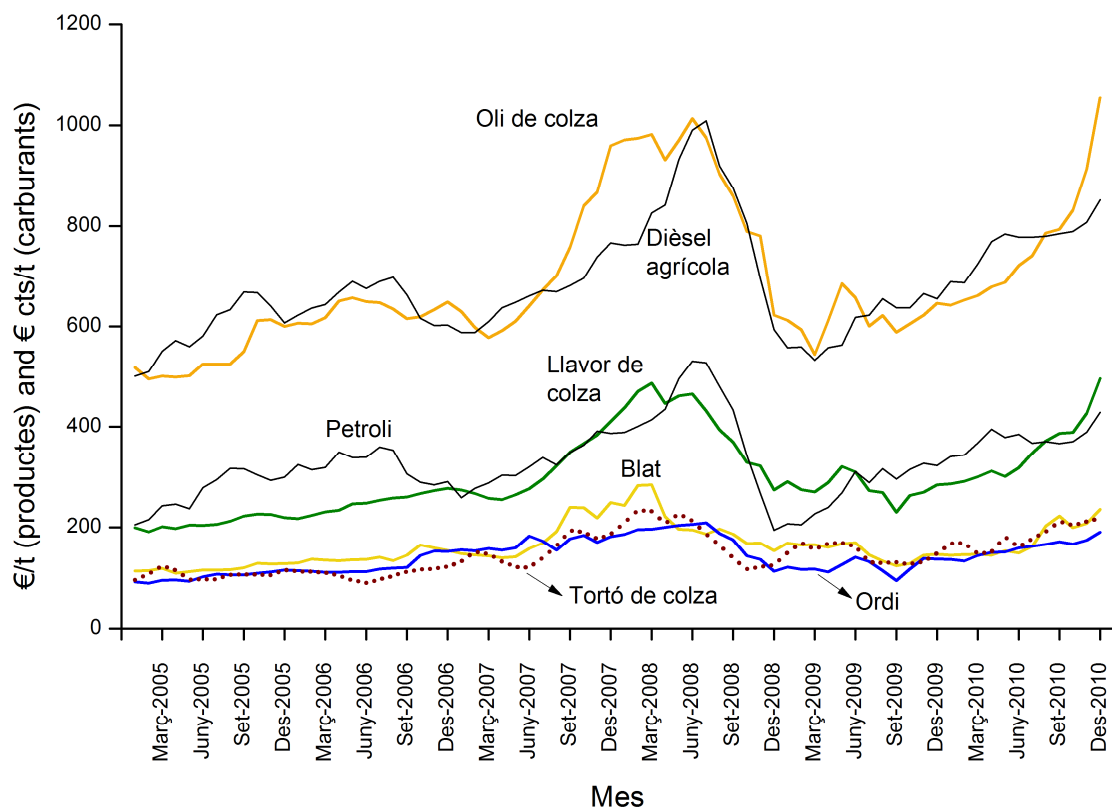


Figura 4-4 Evolució dels preus de mercat de productes i carburants entre els anys 2005 i 2010.



Com es mostra a la **Figura 4-4**, el preu de mercat de la llavor i el gra segueixen aproximadament l'evolució del preu del petroli. És necessari tenir en compte la demanda creixent d'energia, que afavoreix l'increment del preu del petroli que també afecta als altres productes. Els impostos sobre el dièsel influeixen en gran mesura en el seu preu final de mercat i en un futur pròxim, aquests tindran un efecte important en el control de la pujada de preus del dièsel [**Hedenus et al. 2010**].

4.2.3 Externalitats i estratègies polítiques que afecten al model

La inclusió d'externalitats al sistema, és un atribut propi de les ACV-E. Les externalitats inclouen els efectes dels impactes ambientals i socials que, tot i estar fora del sistema econòmic pertanyen al sistema natural i social [**Hunkeler et al. 2008**]. Les polítiques estableixen un marc regulador que pot tenir en compte alguns d'aquests factors externs, com són els impostos i els ajuts. Per tant, hi ha el risc de comptar per duplicat els efectes ambientals d'un sistema. Per evitar el doble comptatge, es pot suposar un mercat no regulat, però l'objectiu d'aquest treball és obtenir el benefici real d'una explotació, per tant, ha d'incloure els impostos i els ajuts. Les externalitats són analitzades en aquest treball en forma d'impostos i d'ajuts segons la legislació vigent.

A continuació es discuteixen les estratègies polítiques relacionades amb els ajuts en els conreus, els impostos sobre el carburant i el mercat de drets del carboni. Les estratègies polítiques adoptades afecten en gran mesura els resultats dels models analitzats. Per tant, la viabilitat d'un determinat model respecte als models alternatius està subjecte a regulacions futures, el que significa que els legisladors poden influir sobre la sostenibilitat de les explotacions agrícoles.

Ajudes al conreu

La Política Agrícola Comuna (PAC⁸) és, probablement, la política que més influeix en el patró de producció agrícola de la Unió Europea (UE). Des del punt de vista ambiental, l'agricultura pot ajudar a la mitigació del canvi climàtic mitjançant la reducció de la

⁸ PAC: Política Agrícola Comuna ("Common Agricultural Policy", CAP). La PAC gestiona les subvencions que es donen a la producció agrícola a la Unió Europea.

dependència dels combustibles fòssils i la diversificació dels subministraments d'energia (bioenergia). D'altra banda, l'agricultura pot ser usada com a mètode per al segrest de carboni [European Commission 2009].

Actualment la reforma de la PAC de 2003 és encara vigent, i inclou un ajut aproximat per als conreus i el guaret d'uns 190 €/ha a Espanya i un ajut especial per als conreus energètics de 45 €/ha fins arribar al seu límit pressupostari [Regulation-1782/2003/EC 2003]. Tot i això, s'està gestant una nova reforma de la PAC [CioloS 2010]. Aquesta nova reforma vol potenciar un creixement sostenible, tenint en compte la lluita contra el canvi climàtic i considerant l'activitat agrícola com a font d'energies renovables. La nova reforma pot fer variar els ajuts abans esmentats, fins i tot fent-los desaparèixer.

Tal i com mostra un informe de la UE de desembre de 2009 [European Commission 2009] i la seva actualització el març de 2010 [European Commission 2010], es poden considerar tres escenaris de possibles polítiques. Per tant, en aquesta ACV-E es tenen en compte un escenari de referència, un escenari conservador i un escenari de liberalització de la PAC, tal i com s'especifica a l'apartat 4.2.6.

Impostos sobre els carburants

L'OVC està reconegut legalment com a biocombustible [Directive-2003/30/EC 2003]. La Unió Europea permet que l'impost sobre els biocarburants sigui nul. No obstant això, tal i com ja s'apunta en [Grau *et al.* 2010], el nivell d'imposició de l'OVC no està específicament inclòs en la normativa espanyola [Spanish law 22/2005 2005] (que transposa la directiva europea aplicable [Directive-2003/96/EC 2003]). Per aquest motiu, el govern espanyol hauria de fer pagar els mateixos impostos a l'OVC que al dièsel. Així i tot, en aquest treball no es considerarà cap impost sobre l'OVC, tal i com passa amb els altres biocarburant a Espanya.

D'acord amb la normativa espanyola, els biocombustibles tenen una imposició nul·la fins a finals de l'any 2012, mentre que el dièsel per a tractors i maquinària agrícola es grava amb 0,07871 €/L [Spanish law 38/1992 1992]. També s'ha establert una devolució del 99,8% d'aquest impost per al dièsel agrícola de forma indefinida [Spanish law 26/2009 2009]. Això significa que el combustible dièsel per a l'agricultura està subvencionat pràcticament de forma completa a Espanya, amb només $1,6 \cdot 10^{-4}$ €/L. Per



contra, el gasoil d'automoció es grava amb 0,307 €/per litre, d'acord amb modificació de l'impost de finals de 2009 [Spanish law 8/2009 2009].

Costs ambientals i socials

La comptabilització dels costos ambientals dels gasos d'efecte hivernacle (GEH) i de les emissions regulades de l'aire (CO , SO_x , NO_x , COV i partícules) es fa de formes molt diferents segons l'enfocament adoptat [Lee *et al.* 2009].

En aquest treball, es durà a terme una anàlisi econòmica complementària de les emissions de GEH. Les emissions de CO_2 equivalent es comptabilitzen des del punt de vista econòmic dins el mercat de carboni. El comerç del carboni a la Unió Europea va ser creat per tenir en consideració les instal·lacions que emeten grans quantitats de CO_2 [Directive-2003/87/EC 2003].

Els drets d'emissió de carboni es comercialitzen com a EUAs ("European Union Allowances"), que corresponen a 1 tona de CO_2 alliberat a l'atmosfera per cada EUA. Tot i no ser un gran productor de CO_2 , l'agricultura contribueix a l'escalfament global a través de l'emissió de diversos gasos d'efecte hivernacle. Per tant, un recompte d'aquestes emissions pot ser l'ús de les emissions de CO_2 equivalent representades com EUA.

El preu de mercat de les EUA ha estat de mitjana uns 13 €/tona de CO_2 el 2009 i 13,5 €/tona de CO_2 el 2010, havent partit d'uns valors inicials molt més alts al 2008 [SendeCO2 2008-2010]. D'acord amb Wise *et al.* [2010], es pot considerar un increment del preu del carboni del 2,5%. Per tant, es considera un preu del carboni inicial de 13,5 €/tona de CO_2 , tot i haver arribat a 16 €/tona de CO_2 el maig de 2010.

4.2.4 Factors econòmics considerats en el model proposat

Instal·lacions i costos de maquinària

Les instal·lacions, la inversió en maquinària i el manteniment juntament amb els costos assignats per any es mostren a la **Taula 4-2**. A partir del cost inicial, cada ítem considerat és sotmès a la variació de la inflació i la variació de valor per arribar al seu valor final.

Es considera una amortització lineal per corregir el cost anual d'acord amb els usos donats a cada element. Els costos atribuïts a qualsevol màquina es distribueixen en

proporció a la seva utilització en l'àrea de referència de 100 ha. Així, una premsa s'encarregarà de la producció de 1800 ha (18 explotacions de 100 ha), i el cost és corregit amb un factor del 6%. En conseqüència, un tractor s'utilitzarà per a 400 ha (4 explotacions), i el seu factor de correcció és del 25%.

Taula 4-2 Costos de les instal·lacions i la maquinària

	Cost inicial	Inflació	Variació del valor	Valor final	Valor final	Amortització	Amortització per any	Correcció	Cost per any
	€	%	%	%	€	anys	€/any	%	€/any
Edificacions	120000 ¹	3%	2%	74%	88764,04	30	1041,20	100%	1041,20
Instal·lacions	40000 ¹	3%	-3%	29%	11604,25	20	1419,79	100%	1419,79
Premsa 1 ²	155170	3%	-3%	21%	33037,27	20	5507,71	6%	305,98
Premsa 2 ³	186850	3%	-3%	29%	54206,35	20	6632,18	6%	368,45
Tractor Dièsel	90000 ¹	3%	0%	58%	52015,61	18	2110,24	25%	527,56
Tractor OVC	95000 ¹	3%	0%	58%	54905,37	18	2227,48	25%	556,87
Eines pel tractor	30000	3%	-3%	29%	8703,19	20	1064,84	25%	266,21

¹ D'acord a les dades de pagesos locals i distribuïdors [Berenguer 2008, Canals 2009, Vidal 2008].

² Segons comunicació electrònica amb el gerent de vendes de La Mécanique Moderne [Bosquet 2009].

³ Segons comunicació electrònica amb un agent de Maschinenfabrik Reinartz GmbH&Co. KG [Braack 2009].

Els consums de les instal·lacions es consideren constants i de 50 €/mes d'acord amb dades de pagesos locals. També es consideren constants els impostos i el manteniment de les edificacions, valorant-se respectivament en 150 €/any i 200 €/any.

Costos de manteniment del tractor

Com que l'OVC no és volàtil, part de la fracció d'incrementats d'OVC es dilueix amb l'oli lubricant del motor que està a la paret del cilindre i baixa fins al càrter. Quan la proporció de l'oli vegetal en l'oli mineral és massa alta, aquest últim perd propietats lubricants. Per això es fa necessària una revisió bàsica més freqüent del tractor, tal com es mostra a la **Taula 4-3**. Una revisió bàsica del tractor inclou canviar l'oli del motor i el control de paràmetres bàsics. La revisió exhaustiva és una revisió bàsica afegint més punts de manteniment i la substitució d'alguns components subjectes al desgast normal.



Taula 4-3 Costs de manteniment del tractor.

	Cost de la revisió	Freqüència (OVC)	Freqüència (dièsel)
	€	hores	hores
Revisió bàsica	150	250	500
Revisió exhaustiva	1000	2000	2000

Com es mostra a la **Taula 4-3**, els costs de les revisions del tractor són els mateixos pel tractor que usa OVC i el que usa dièsel. Pel que fa a la freqüència, la de les revisions exhaustives és igual en ambdós sistemes, però la de les revisions bàsiques és la meitat en el cas de tractors que funcionen amb dièsel. El manteniment anual de les eines del tractor usades per al treball de la terra es considera del 3% del seu valor residual.

Ajudes europees al sector

Es poden tenir en consideració les ajudes de la PAC i dels conreus energètics. No obstant això, només es tindrà en compte un ajut de 190 €/ha en el model proposat. D'acord amb la producció mitjana espanyola de cereals excepte l'arròs [European Union 2009], les ajudes de la PAC suposarien 196,25 €/ha. En conseqüència, s'usa una aproximació de 190 €/ha, confirmada també com a correcta pels agricultors de la zona.

Matèries emprades en la gestió del camp

Els costos de les matèries que es mostren a la **Taula 4-4** són els considerats tenint en compte que s'usa la sembra directa.

Taula 4-4 Cost de les matèries emprades en la gestió del camp

	Ordi	Blat	Colza	Guaret
	€/ha	€/ha	€/ha	
Insecticida	11,25	11,25	11,25	-
Herbicida	63	83	103 ¹	6
Fungicida ²	7,5	7,5	-	-
Fertilitzants (N, P, K, S)	186,05	221,01	146,38	-
Llavor de sembra	64,91	72,12	79,33	-

¹ Valor reduït proporcionalment, doncs només es necessita de mitjana 4 de cada 5 anys en la regió considerada (el cost d'una aplicació seria de 128 €/ha).

² Només aplicable a cereals. Es necessita 2 de cada 5 anys (el cost d'una aplicació seria de 18,75 €/ha).

Les necessitats de fertilitzant s'ajusten a les produccions estimades de 3800 kg/ha per l'ordi, 3500 kg/ha pel blat i 2300 kg/ha per la colza. Els valors per l'ordi i el blat són valors mitjans obtinguts dels agricultors locals. La producció de colza obtinguda pels agricultors de la zona varia entre els 2300 i els 2800 kg/ha, i es pren per als càlculs 2300 kg/ha per tal de treballar en el límit inferior.

Els costos de fertilització mostrats a la **Taula 4-4** són per al març de 2010. Aquests costos estan subjectes a les fluctuacions dels preus del mercat internacional. Tot i això, aquestes fluctuacions tenen un efecte relativament petit fent una anàlisi de sensibilitat.

Costs de combustible i de personal

Els costos de combustible es consideren iguals al preu de mercat del dièsel, però tenint en compte que el dièsel agrícola a Espanya està subvencionat amb aproximadament el valor íntegre de l'impost, tal com s'explica a l'**apartat 4.2.4 [MITYC 2004-2010]**.

Els costos laborals es consideren de 18,83 €/h, cabulats a partir d'un sou brut anual de 25000 €, un 35% de seguretat social i els corresponents dies de treball i les vacances. Aquest valor és molt proper al cost mitjà per hora dels anys 2009 i 2010 en la indústria espanyola [**Alvaro-Fuentes et al. 2009**].

Preus de mercat considerats

Com que els preus de mercat varien considerablement al llarg del temps, s'han seleccionat els valors mitjans de l'any 2010 (veure **Taula 4-5**).

Taula 4-5 Valors econòmics per l'any 2010.							
	Blat	Ordi	Colza	Oli de colza	Tortó	Dièsel amb impostos	Dièsel agrícola
	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/L	€/L
Any 2010	170,87	156,06	330,05	719,37	176,34	1,061	0,754

4.2.5 Resultats econòmics del model proposat

Els resultats es donen en forma de benefici obtingut per l'agricultor al llarg d'un any. Els costos inclouen les inversions distribuïdes linealment, el manteniment i els costos de les



matèries. El benefici es mostra com un paràmetre representatiu del rendiment econòmic de cada escenari.

Cada escenari s'obté amb la combinació dels trossos de l'explotació destinats a conreus diferents, cadascun amb les seves pròpies condicions, de la mateixa manera que en l'estudi ambiental. Els tipus de conreu considerats són els mateixos que en l'ACV-A: *Blat*, *Blat-1*, *Colza*, *Guaret*, *Ordi* i *Ordi-2*. *Blat-1* significa conreu del blat un any després de la colza i *Ordi-2* conreu d'ordi dos anys després de la colza i un després del blat (amb les produccions augmentades per l'efecte de la colza com ja s'ha comentat).

Els 6 escenaris considerats són els mateixos que en l'ACV-A: *dièsel actual*, *dièsel clàssic*, *dièsel colza*, *dièsel colza-oli*, *OVC colza* i *OVC colza-oli* (veure **Taula 3-2**).

Els beneficis obtinguts en cada escenari es mostren a la **Figura 4-5**, que a més mostra la contribució de cada un dels tipus de conreu en els diferents escenaris.

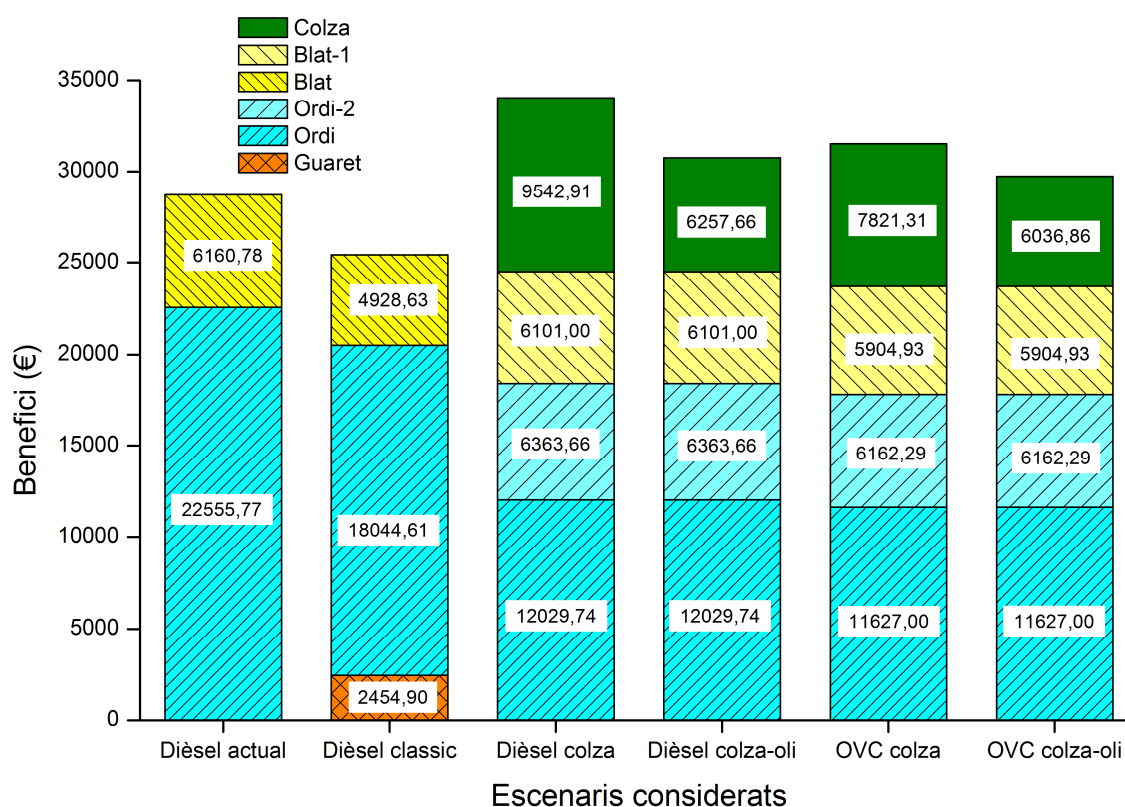


Figura 4-5 Beneficis econòmics en els escenaris considerats (condicions de 2010).

És evident que en les condicions econòmiques mostrades, la rotació de conreu CBOOO usant dièsel com a combustible (escenari *dièsel colza*) és la millor opció. Molt a prop

d'aquesta opció es troba l'escenari *OVC colza*, que utilitza la mateixa rotació, però destina part de la llavor collida a produir oli vegetal cru i utilitzar-lo com a combustible per a la maquinària agrícola. Per tant, redueix la quantitat de dièsel que s'utilitza en l'explotació, però es deixa de vendre una part de la llavor de colza.

Les contribucions al benefici són majors o menors en funció de la proporció de cada conreu. Tot i no tenir producció, el guaret (escenari *dièsel clàssic*) genera beneficis gràcies a l'ajut de la PAC. Dels tipus de conreu contemplats, la colza no processada dona el major rendiment econòmic per hectàrea.

Es desprèn dels resultats que el tractament a petita escala de la colza per vendre l'oli no és econòmicament viable. Els resultats mostren un benefici de l'escenari *dièsel colza* un 8,0% superior a l'escenari *OVC colza*. Aquests dos escenaris a més del *dièsel actual* són els que s'analitzen a continuació per veure les condicions que permeten que el model proposat sigui econòmicament viable.

4.2.6 Efecte de les regulacions polítiques sobre els resultats

En aquest apartat, el model econòmic s'usa per avaluar diversos aspectes sotmesos a les regulacions polítiques. També s'ha dut a terme una anàlisi de sensibilitat per avaluar els canvis en els beneficis obtinguts en funció de diferents paràmetres.

L'estudi de sensibilitat inclou els punts que es recullen en la **Taula 3-10** i es detallen en forma d'apartats a continuació.

Taula 4-6 Estudi de sensibilitat de l'ACV-E.

Tipus d'anàlisi	Paràmetres i processos avaluats
Comptabilització de l'escalfament global	Assignació de cost d'emissió de CO ₂ equivalent segons el mercat del carboni Càlcul del preu d'emissió que compensa la diferència de benefici entre escenaris
Variació preu de mercat	Factor d'increment (multiplicador) del preu del dièsel entre 1 i 2 respecte el considerat
Variació dels impostos aplicats	Impost agrícola actual, agrícola sense reducció i genèric per al dièsel
Plantejament de diferents escenaris de la reforma de la PAC (canvi en les ajudes)	Escenari conservador, escenari de referència i escenari de liberalització



Comptabilització de l'escalfament global

A través de la metodologia de l'ACV, es calculen les emissions de CO₂ equivalent per a cada escenari usant la categoria *potencial d'escalfament global* (PEG) del CML2001 (veure **apartat 3.2**). Com ja s'ha comentat a l'**apartat 4.2.3** el cost d'emissió d'una tona de CO₂ es considera de 13,5 €. La **Figura 4-6** mostra els beneficis esperats si es té en compte aquest hipotètic cost. La figura també mostra gràficament els resultats de les emissions de CO₂ considerades.

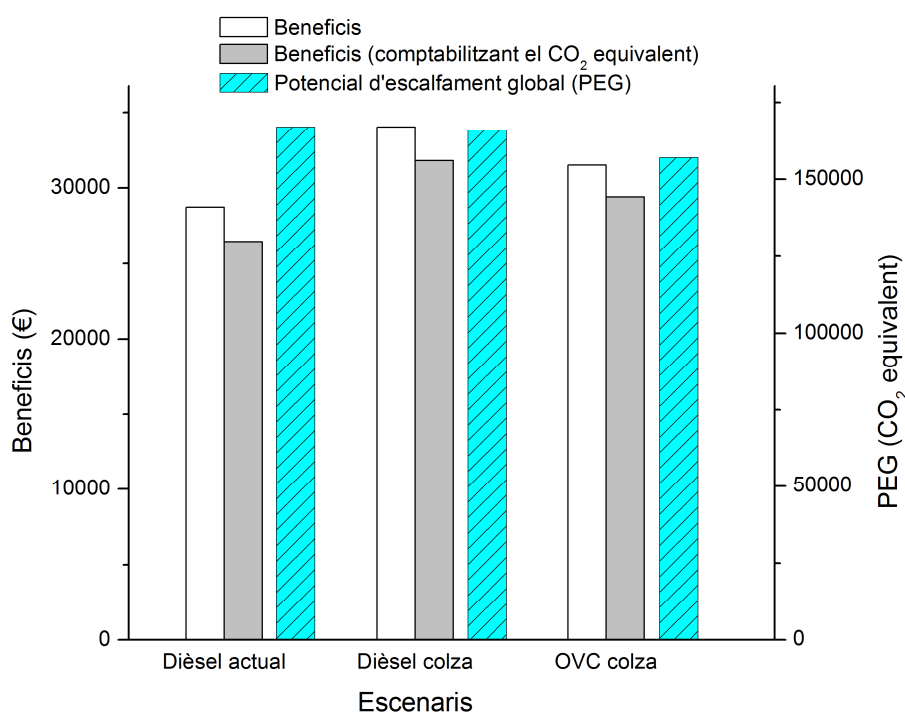


Figura 4-6 Beneficis pels 3 escenaris en condicions de 2010 incloent les emissions de CO₂ equivalent.

Cal tenir en consideració que la **Figura 4-6** mostra les emissions equivalents de CO₂ de cada escenari en quant a emissions generades, però sense incloure el CO₂ capturat durant el creixement dels conreus. L'escenari amb una menor emissió de CO₂ equivalent és el *OVC colza*, degut a l'ús de l'OVC com a combustible enlloc del dièsel. Tot i això, per compensar la diferència de beneficis amb el mercat de carboni, el preu de la tona de CO₂ hauria de ser unes 20 vegades superior al considerat, cosa que implicaria pèrdues si s'apliqués per les emissions totals.

Per altra banda, si es volgués potenciar l'ús de l'OVC amb una política d'ajuts, es podria prendre l'escenari *dièsel actual* com a base. Caldria pagar per la diferència d'emissions de CO₂ respecte aquesta base una ajuda d'aproximadament 280 € per tona de

CO₂ evitada. Aquest però, és un enfocament que no aporta una solució vàlida, doncs el mercat del carboni està molt lluny d'oferir aquests preus.

Anàlisi de sensibilitat del preu del dièsel i els impostos

Tenint en compte les subvencions a Espanya, el preu del dièsel agrícola és molt menor que el preu de mercat del dièsel. El preu del dièsel de mercat és aproximadament 1,5 vegades superior a l'agrícola (1,507 el 2009 i 1,407 el 2010). Per tant, és interessant considerar una gamma de preus del combustible dièsel al voltant del valor real de mercat per avaluar la tendència dels beneficis contra el cost del combustible.

La **Figura 4-7** mostra un descens clar del benefici a mida que puja el preu del dièsel. Aquesta disminució és més pronunciada en el cas de l'explotació en base dièsel, mentre que en l'explotació basada en l'OVC es manté gairebé constant. Per tant, l'explotació basada en OVC seria més rentable que l'explotació basada en dièsel quan el preu del dièsel arribés aproximadament a 1,32 €/L (augment del 75,5% respecte el preu actual del dièsel agrícola). Aquest preu del gasoil és d'un 14,1% més alt que el preu del dièsel a Espanya incloent impostos del mes de desembre de 2010 (1,1592 €/L). Si considerem el preu de març de 2011, només és un 7,3% més alt (1,2331 €/L).

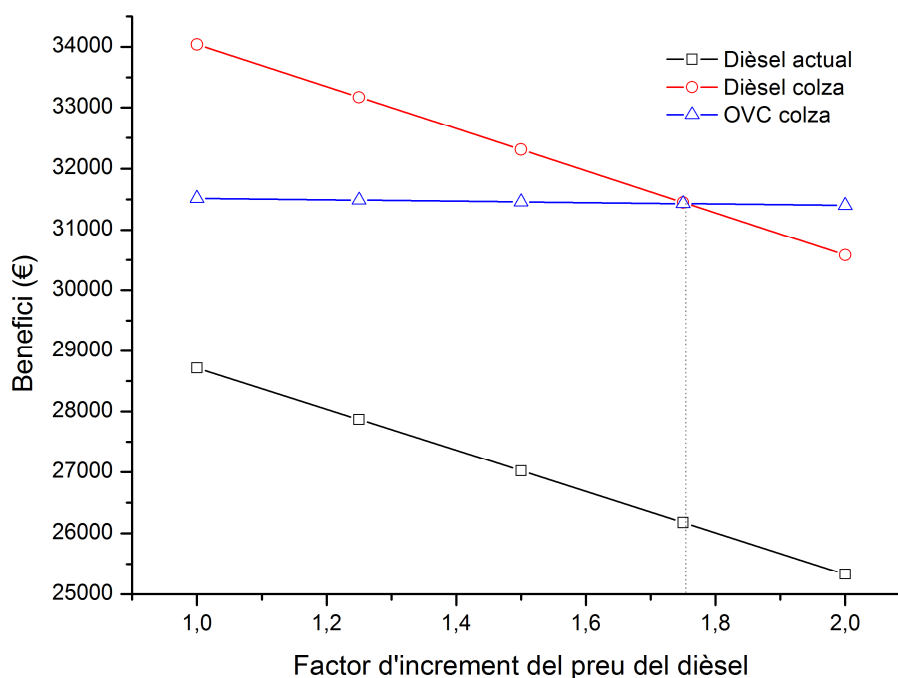


Figura 4-7 Benefici contra increment del preu del dièsel (factor d'increment basat en el preu del dièsel mig de 2010) per els tres escenaris avaluats.



Pel que fa als **impostos**, el dièsel a Espanya tributa amb 0,307 €/L. No obstant això, el dièsel agrícola només està gravat amb 0,07871 €/L. A més a més, l'escenari fiscal vigent estableix que pel dièsel usat en maquinària agrícola es reemborsa el 99,8% de l'actual impost. Aquest escenari fiscal és molt favorable al dièsel en l'agricultura. Tenint en compte aquest fet, es plantegen 3 opcions per a l'anàlisi de sensibilitat en quant a impostos:

- Impost actual: el dièsel agrícola es grava amb $1,5742 \cdot 10^{-4}$ €/L.
- Impost agrícola: dièsel agrícola taxat amb 0,07871 €/L.
- Impost genèric: dièsel agrícola taxat com el dièsel convencional (0,307 €/L).

A la **Figura 4-8** és evident que els escenaris que només usen dièsel com a combustible estan més influenciats per la variació de l'impost sobre el dièsel que l'escenari *OVC colza*. Aquesta variació de l'impost fa que canviï la diferència entre el benefici dels escenaris *dièsel colza* a l'*OVC colza* del 8,0% (amb la tributació fiscal vigent) a un 3,7% (impost genèric). Tot i que el model basat en oli vegetal és més estable, és interessant assenyalar que l'opció de l'OVC no pot ser econòmicament viable pel que fa a preu del dièsel si no es recolza l'ús d'aquest biocombustible en l'agricultura des de l'Administració.

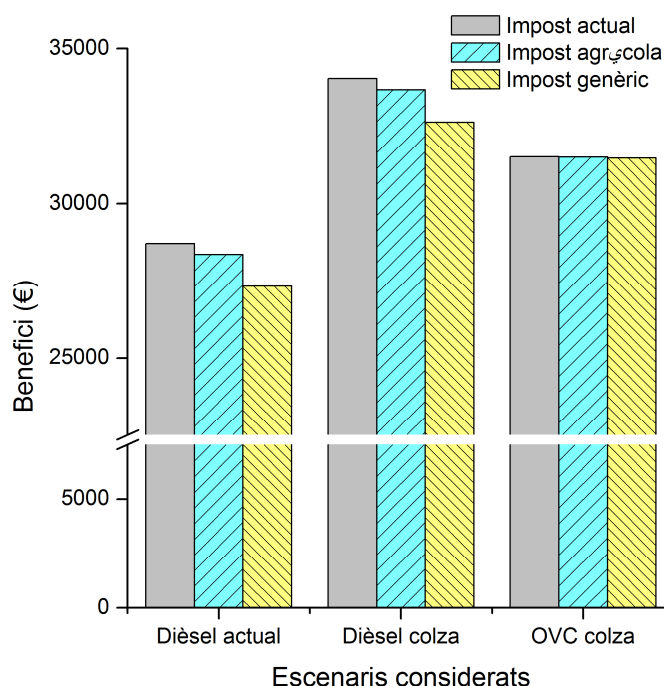


Figura 4-8 Benefici per escenaris contra diferent nivell d'impostos sobre el dièsel agrícola.

És també discutible que els ajuts públics a l'agricultura donin suport a l'ús de combustibles fòssils o bé només als biocombustibles. En aquest últim cas, el benefici per a l'agricultor seria pràcticament el mateix, a més de guanyar independència respecte les fluctuacions del mercat del dièsel.

En termes de fiscalitat s'aconseguiria el mateix rendiment econòmic de l'OVC en front al dièsel si l'impost del dièsel fos un 85% més elevat (0,643 €/L per comptes de l'actual 0,307 €/L), una mesura molt poc realista des d'un punt de vista impositiu. D'altra banda, si a l'opció d'impost genèric pel dièsel s'hi afegeix la comptabilització dels drets d'emissió de CO₂, la diferència de benefici entre els escenaris *dièsel colza* i *OVC colza* baixaria fins a un 3,5%.

Escenaris de reforma de la PAC

Un estudi de la UE presenta tres escenaris possibles per a la propera reforma de la PAC [European Commission 2010]. Es prenen aquest tres escenaris com a possibles per poder fer l'avaluació:

- Escenari conservador: suposa una disminució del 15% dels pagaments directes.
- Escenari de referència: inclou un 30% de disminució de la PAC en quant a pagaments directes.
- Escenari de liberalització: en aquest, tots els pagaments directes i instruments de control del mercat es retiren.

Aquests tres escenaris redueixen l'ajut de la PAC actual de 190 €/ha a aproximadament 161,5 €/ha, 133 €/ha i 0 €/ha respectivament. Tot això, com que ingressos procedents de la PAC són proporcionals a les hectàrees considerades, aquesta reducció de les ajudes només implica la reducció de beneficis en la mateixa proporció pels diferents escenaris de model agrícola proposats.

Per tant, és clar que tenint només en compte els resultats econòmics, una reducció de la PAC afecta de manera directa als beneficis de l'agricultor. La situació d'una rebaixa dels ajuts de la PAC clarament portaria a un increment dels preus dels productes agrícoles o bé a una disminució insostenible dels ingressos de l'agricultor.



4.2.7 Expectatives d'evolució dels resultats econòmics

Prenent com a base la metodologia de l'ACV-E, l'anàlisi de l'evolució temporal s'utilitza per calcular el benefici en les condicions futures en euros actuals (sense tenir en compte la variació de valor de la moneda). L'objectiu d'aquest apartat no és modelitzar de forma real els preus futurs del dièsel, però sí utilitzar una aproximació a la seva possible evolució.

Els costos dels grans i les llavors se suposa que estan directament relacionats amb el preu del dièsel per a modelar la seva dependència.

La maquinària, les instal·lacions, els herbicides i els fungicides es consideren constants, degut a la seva poca importància en els beneficis globals.

D'altra banda, els costos laborals, els preus dels fertilitzants i l'evolució del preu del dièsel es considera que augmenten de forma lineal prenent dades dels últims 10 anys. El preu del dièsel es considera que augmenta un 2,13% per any prenent dades de l'evolució del preu del petroli.

Els costos laborals prenent dades oficials per a la indústria espanyola es considera que creixen un 1,24%. L'increment per al preu dels fertilitzants segons dades d'un productor local es pot establir en un 2%.

Es tenen també en compte els drets d'emissió del mercat de carboni, que es considera que augmenten anualment un 2,5% [Wise *et al.* 2010].

L'evolució dels preus dels productes agrícoles es calcula tenint en compte la seva relació amb el combustible dièsel en els darrers 5 anys. Per tant, el seu preu estimat depèn del preu base considerat i també del preu del dièsel estimat per a cada any.

Els resultats es mostren a la **Figura 4-9**, on es veu que els beneficis calculats tendeixen a augmentar en el temps, a causa de l'augment dels preus de mercat i també a la pujada lineal del preu del combustible dièsel considerat (sense considerar la variació del valor de l'euro). Tot i que l'evolució en el temps té tendència a apropar els beneficis dels escenaris *dièsel colza* i *OVC colza*, aquest apropament és molt lent. La diferència de beneficis varia d'un 8,0% el 2010 a un 5,6% l'any 2050. Així, l'anàlisi de les expectatives d'evolució dels

resultats en el temps mostra que la tendència segueix sent la mateixa fent aquestes suposicions.

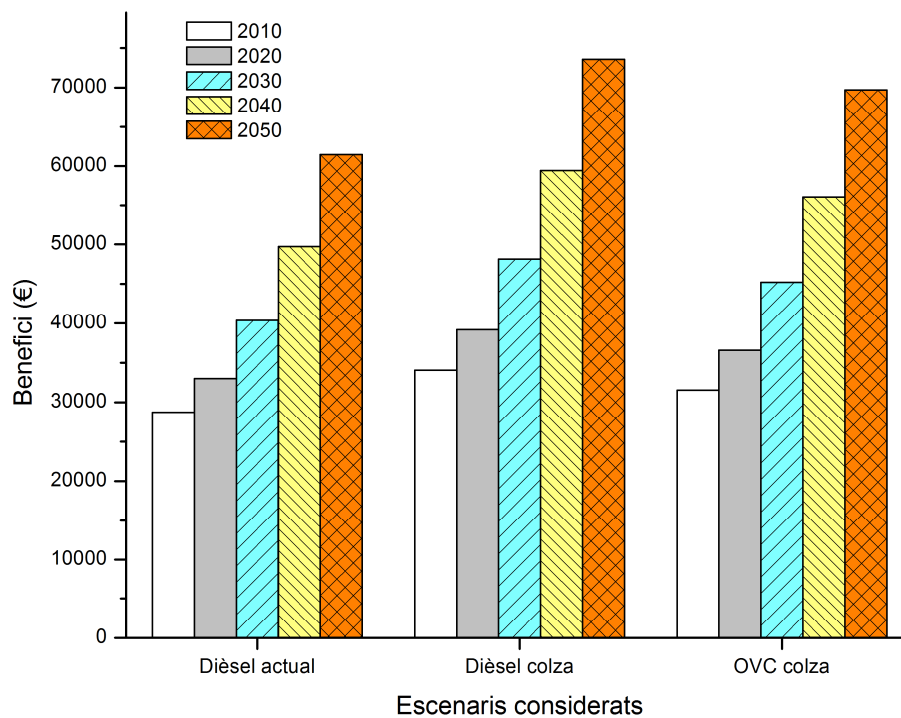


Figura 4-9 Previsió de l'evolució del benefici en funció del temps (2010-2050).

Si tenim en consideració el cost dels drets d'emissió de CO₂, els resultats mantenen la mateixa tendència. En aquest cas, el benefici per l'escenari de *dièsel colza* seria de només 8,17% el 2010 i 5,59% el 2050 superior a l'*OVC colza*. Els beneficis s'apropen, però sense canvis destacables en la tendència.

4.2.8 Conclusions de l'ACV-E

S'ha dut a terme una avaluació econòmica comparativa dels sis escenaris agrícoles sobre el model proposat mitjançant la metodologia de l'ACV-E. Es detecta que l'ús d'oli vegetal com a combustible en l'agricultura pot ajudar a evitar la variació del preu del combustible de cara a l'agricultor. A més, la producció d'oli vegetal i el seu consum com a biocarburant contribueixen a reduir les emissions quantificades com a CO₂ equivalent tot i que redueix una mica els beneficis de l'agricultor (8,0% de disminució).

L'avaluació econòmica també inclou una anàlisi de sensibilitat del preu del dièsel i els impostos, una anàlisi dels escenaris de reforma de la PAC i un estudi de les expectatives d'evolució temporal dels beneficis. Els resultats d'aquestes anàlisis mostren que la



subvenció al dièsel agrícola espanyol no promou l'ús de l'OVC ni altres biocarburants per a les explotacions agrícoles. No obstant això, considerant que el dièsel no fos subvencionat, el benefici de l'escenari *dièsel colza* seria encara un 3,7% superior a l'escenari *OVC colza*. La PAC afecta per igual a les explotacions agrícoles. En conseqüència, si la propera reforma de la PAC només introdueix la reducció de les ajudes, reduirà els beneficis dels agricultors sense fomentar l'ús d'opcions més sostenibles. En l'anàlisi d'evolució del benefici, els resultats mostren només una petita reducció de la diferència entre els escenaris *dièsel colza* i *OVC colza* al llarg de temps.

Els resultats mostren que lleugers canvis aïllats en els factors clau no tenen massa impacte en el benefici, però la combinació de diferents mesures com l'eliminació de les ajudes pel dièsel agrícola i l'aplicació de la comptabilització de les emissions de CO₂ pot donar lloc a una reducció de la diferència de fins al 3,5%. Així, en funció de la gestió de l'explotació, la diferència en el benefici final podria ser pràcticament nul·la.

L'aplicació d'un model agrícola basat en l'autoabastament de combustible condueix a una situació beneficiosa per als agricultors i la societat. D'una banda, els agricultors són menys dependents dels combustibles fòssils i d'altra banda, la societat obté una reducció de les emissions i una disminució del transport a llarga distància de combustible. No obstant això, no hi ha un augment important en el benefici esperat en la situació actual. Perquè fos econòmicament interessant aquest model agrícola, farien falta canvis en temes clau com l'energia i les polítiques ambientals.

CAPÍTOL 5. ANÀLISI DE CICLE DE VIDA SOCIAL

L'anàlisi de cicle de vida social (ACV-S) s'està desenvolupant com un procés sistemàtic per recopilar i avaluar les millors dades disponibles sobre els impactes socials (positius i negatius) en cicles de vida de productes. L'àmbit d'aplicació (el cicle de vida) i la metodologia (un procés sistemàtic de recollida i presentació d'informes sobre els impactes i beneficis socials) són dos aspectes clau d'aquesta eina metodològica d'avaluació social que s'està desenvolupant a nivell internacional.

L'ACV-S és la millor opció per incrementar el coneixement, la informació per a la presa de decisions i la promoció de millores de les condicions socials en el cicle de vida dels productes. L'ACV-S es pot utilitzar per identificar, aprendre, comunicar i avaluar els impactes socials. També per establir estratègies i plans d'acció, i assessorar les polítiques de gestió i d'adquisició. L'ACV-S documenta la utilitat d'un producte, però no té la capacitat o la funció de prendre decisions a nivell de si un producte ha de ser produït o no. En aquest context, aquest capítol té per objectiu contribuir a desenvolupar la metodologia de l'ACV-S per plantejar l'avaluació social d'una alternativa en la producció agrícola a nivell local que introdueix l'autoabastament com a punt clau.



5.1 Estat de la qüestió de l'anàlisi de cicle de vida social (ACV-S)

5.1.1 Història i enfocament de l'ACV-S

L'avaluació d'aspectes socials en el marc de l'anàlisi de cicle de vida s'ha anat desenvolupant al llarg d'aquests últims anys, tot i que la idea ja s'estava gestant des de fa molt més. El llistat d'aportacions més interessants en quant al desenvolupament de l'ACV-S es mostren a la **Taula 5-1**.

Taula 5-1 Aportacions prèvies al desenvolupament de l'ACV-S		
any	Referència, participants	Aportació
1993	[Fava <i>et al.</i> 1993]	Idea d'impactes socials diferenciats dels ambientals
2002	[Casado-Cañeque 2002]	Tesi sobre l'ús d'indicadors socials en empreses
2003	[Norris 2003]	Mètodes per avaluar socioeconòmicament l'impacte sobre la salut dels treballadors en l'economia nord-americana
2004	[Rebitzer <i>et al.</i> 2004]	Mètodes per avaluar l'impacte socioeconòmic en les cadenes de subministrament global
2004	[UNEP-SETAC 2009]	Creació del grup de treball ("Task Force") sobre ACV
2005	[Gauthier 2005]	Proposició d'afegir criteris socials a l'ACV-A per acostar posicions amb els indicadors de rendiment de la "Global Reporting Initiative" (GRI)
2006	[Dreyer <i>et al.</i> 2003]	Integració d'aspectes socials en el cicle de vida: enfocament "top-down", en la que els paràmetres per a l'avaluació han de començar amb la identificació de què té valor per a la societat
2005	[Hunkeler 2006]	Cas pràctic de l'ús d'indicadors per ACV-S: proposta per mesurar l'ACV-S basat en l'establiment de relacions per a cada indicador social de forma regional representat matricialment
2006	[GRI 2006]	Marc de comunicació de la sostenibilitat per potenciar l'intercanvi de dades referents a la sostenibilitat de forma transparent i fiable. Exemple d'integració d'aspectes socials en l'ACV-A, però no s'entra a valorar quantitativament la relació entre l'inventari ambiental i els aspectes socials
2006	[Norris 2006]	Aproximació quantitativa: les conseqüències sobre la salut relacionades amb la variació del nivell d'activitat econòmica en la cadena de subministrament a llarg termini
2006	[Grießhammer <i>et al.</i> 2006]	Primera publicació d'una guia preliminar sorgida del grup de treball ("Task Force") per a la integració de criteris socials en l'ACV

Així doncs, els estudis previs fets en el camp de l'anàlisi social reflectien la necessitat d'una guia comuna, on s'establissin les bases per a poder desenvolupar una metodologia tant internacionalment reconeguda com és la de l'ACV-A [de Haes 2008, Gopalakrishnan *et al.* 2009, Jorgensen *et al.* 2008, Kloepffer 2008, Sheehan 2009].

En aquest context, després de la primera trobada del grup de treball de UNEP/SETAC de 2004, se'n van fer moltes d'altres, a partir de les quals, l'ACV-S es defineix al 2009 com la:

“Tècnica d'avaluació de l'impacte social (i també el potencial) que té com a objectiu avaluar els aspectes socials dels productes i els seus efectes potencialment positius i negatius al llarg del cicle de la seva vida, incloent l'extracció i transformació de matèries primeres, la fabricació, la distribució, el seu ús, la seva reutilització, el seu manteniment, el seu reciclatge i la seva eliminació final.”

Aquesta definició –així com la guia metodològica de 2009 que la conté [UNEP-SETAC 2009]– es va anar gestant poc a poc. Finalment doncs, el 2009 va aparèixer la Guia per l'Anàlisi de Cicle de Vida Social de Productes (“Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products”) [UNEP-SETAC 2009] –“Guia Social” a partir d'ara–, que proporciona un marc comú per dur a terme aquest tipus d'anàlisi i tractar els punts clau de la seva integració en l'ACV-A.

La gran majoria de les eines de responsabilitat social actualment tracten els impactes socials a nivell de l'empresa fent ús de la informació de gestió. Només a vegades inclouen els impactes a nivell de les instal·lacions (per exemple, en la certificació SA 8000). Encara menys sovint s'inclouen les parts de les cadenes de subministrament com a part de l'avaluació, i si és així, aquesta inclusió es limita generalment a proveïdors de primer nivell. L'ACV-S en canvi, és una metodologia que no pretén avaluar els impactes d'un únic procés i/o planta. Es centra en productes i avalua els impactes en el procés i a nivell de planta a través del cicle de vida, que inclou també els impactes causats durant la fase d'ús. En comparació, l'ACV-S fa ús de la informació recopilada a l'empresa i durant la gestió, a més de la informació a nivell de planta i procés, i ho fa per al cicle de vida del producte (**Figura 5-1**).

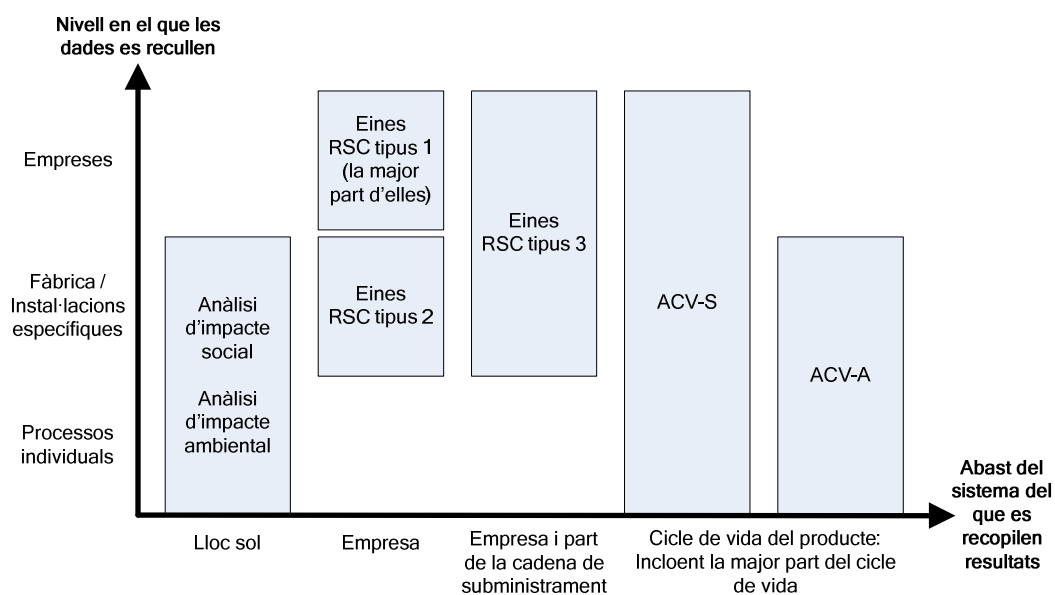


Figura 5-1 Abast de les eines de Responsabilitat Social Corporativa i impacte ambiental i social (adaptat de **Benoit et al. [2010]**).

Existeixen també altres **mètodes d'anàlisi ambiental** que també estan començant a **incorporar elements socials** en els seus barems per avaluar productes com són per exemple **l'ecodisseny**⁹, que apareixen a la literatura recent en forma de metodologia i també de casos pràctics [**Kurczewski et al. 2010, Lewandowska et al. 2010**]. S'incorporen també components socials en avaluacions internes d'**empreses**, com és el cas de l'anàlisi d'ecoeficiència de BASF anomenat SEEbalance® [**Kloepffer 2008**]. Alhora, s'estan desenvolupant **programes** orientats a l'avaluació social per a **casos concrets** com pot ser l'eina ToSIA ("Tool for Sustainability Impact Assessment"), implementada per avaluar un conjunt d'indicadors en masses forestals que s'exploten per a obtenir fusta per a diversos usos [**Palosuo et al. 2010**].

5.1.2 Metodologia de l'ACV-S en relació amb l'ACV-A

D'acord amb la Guia Social de SETAC, l'ACV-A i l'ACV-S comparteixen aspectes comuns com són les fases de definició d'objectiu i abast de l'estudi, d'ICV i d'AICV entre d'altres. Tot i això, l'ACV-A es centra en el producte i les quantitats físiques i, en canvi,

⁹ Ecodisseny: Procés que té en compte en el disseny d'un producte els factors ambientals a més dels requeriments habituals de disseny.

L'ACV-S es fa a través de la recollida d'informació d'aspectes organitzatius en quant a impactes socials i socioeconòmics. La **Taula 5-2** mostra de forma esquemàtica el marc tècnic per a dur a terme una ACV-S, mostrant les quatre fases per a la realització d'una ACV-A (descrites en l'**apartat 3.1.2**) i els requeriments específics de l'ACV-S en cada una d'elles, adaptant-la del contingut de la guia metodològica [UNEP-SETAC 2009].

Taula 5-2 Marc tècnic per a dur a terme una ACV-S [UNEP-SETAC 2009]		
Definició d'objectius i abast del sistema	Objectiu de l'estudi	-
	Abast de l'estudi	-
	Unitat funcional	Els impactes socials de la fase d'ús i la funció del producte són necessaris per a definir una unitat funcional adequada
	Límits del sistema	Les subcategories són la base per l'ACV-S, tenint en compte temes i atributs socialment significants. Al contrari del cas de l'ACV-A, en l'ACV-S s'ha de justificar quan no s'inclou una subcategoria en l'estudi
Inventari del cicle de vida (ICV)		L'ICV pot incloure una barreja de dades qualitatives, quantitatives i semi-quantitatives
Avaluació d'impactes del cicle de vida (AICV)		Els models de caracterització són diferents respecte l'ACV-A. L'ús de punts de referència de rendiment és propi de l'ACV-S
Interpretació dels resultats		-

Pel que fa referència a la **unitat funcional**, no hi ha diferència entre les ACVs ambiental i social, entenent com a unitat funcional la unitat de referència per a la recollida de dades d'inventari, que es basa en la funció que té el producte i que permet una avaluació quantitativa i la comparació dels impactes [ISO-14040 2006]. La necessitat de modelar el sistema del producte també és la mateixa en ambdós casos. Cal tenir present però que la relació entre impactes socials i unitat funcional molt sovint no és directa. Es pot solucionar mitjançant l'ús del temps emprat en produir la quantitat de referència de producte final. Aquest temps s'ha de determinar en l'inventari social, però caldrà tenir clar l'emplaçament on es fa el treball. La regionalització per tant, és molt més intensa que en l'ACV-A. Coneixent les hores treballades per unitat funcional i incorporant estadístiques nacionals es poden calcular les hores de treball necessàries per cobrir les necessitats dels treballadors (menjar, habitatge, educació, ...). Aquest exemple d'avaluació es pot considerar com a part d'una ACV-S, mentre que les hores de treball són simplement inventari [Kloepffer 2008].



Els **límits del sistema** es fixaran de la mateixa manera, però en el cas de l'ACV-S, caldrà tenir en compte el marc tècnic i per tant el tipus de dades i com s'agruparan. A més, si s'usen dades qualitatives (tant en el cas ambiental com social), els resultats qualitius obtinguts no es solen expressar per unitat funcional. La diferència fonamental entre ambdós és que l'ACV-S sovint treballa amb informació d'atributs o característiques dels processos o les empreses que no té massa sentit expressar en funció de la quantitat de producte fabricat. És per aquest motiu que aquest tipus d'informació no es pot posar en referència a la unitat funcional quan s'agrupa la informació del cicle de vida en una ACV-S. Tot i això, els resultats sí que cal que s'hi expressin referits.

En quant a la recopilació de dades –fase d'**inventari**–, qualsevol anàlisi de cicle de vida té una gran necessitat de dades i se sol treballar amb un procés iteratiu a l'hora de recollir-les. Ambdós tipus d'ACV solen sotmetre la publicació de resultats a una revisió per part de tercers (“peer review”). Quan es tracta d'ACV orientats a presa de decisions, tant l'ambiental com el social es basen en disposar d'informació detallada i avaluar-la per tal de detectar “hotspots” (efectes més destacats positius o negatius) en el cicle de vida. També comparteixen una avaluació de la qualitat de les dades, tant si són quantitatives com qualitatives. En referència a l'**anàlisi d'impactes**, l'ACV-S hauria de cobrir (tal i com fa l'ACV-A) un ampli ventall d'impactes. En aquest sentit, la Guia Social recomana un seguit de subcategories que es mostren a la **Taula 5-3** en funció de les **parts interessades**¹⁰.

Si busquem les diferències principals, l'ACV-A es centra en quantitats físiques i l'ACV-S es duu a terme mitjançant la recollida d'informació d'aspectes organitzatius referents a impactes socials i socioeconòmics. Atès que, tant els mètodes d'avaluació de l'ACV-A com els de l'ACV-S poden ser sensibles a la ubicació de l'estudi, cap avaluació d'impactes del cicle de vida d'una ACV-A és dependent d'un lloc específic. A vegades s'empren mètodes en l'ACV-A que tenen en compte la geografia o la densitat de població, però l'avaluació d'impactes és la mateixa. Per contra, l'ACV-S pot requerir una AICV específica pel lloc estudiat i requerir informació sobre atributs “polítics”, com són el país i

¹⁰ Part interessada: grup, la conducta col·lectiva del qual pot afectar una organització, tot i que no formi part dels públics que l'organització considera com a propis

les seves lleis. Pel que fa al tipus de dades, a vegades les dades més rellevants emprades en una ACV-S són subjectives (per exemple informació obtinguda dels treballadors).

Taula 5-3 Categories de les parts interessades i subcategories d'impacte.

Categories de les parts interessades	Subcategories d'impacte
Treballadors	Llibertat d'associació i negociació col·lectiva Treball infantil Sou just Hores de treball Treballs forçats Igualtat d'oportunitats / discriminació Salut i seguretat Beneficis socials / seguretat social
Consumidors (abastant consumidors finals i també els intermedis)	Salut i seguretat Mecanismes de retroalimentació Privacitat del consumidor Transparència Responsabilitat de final de vida d'un producte
Comunitat local	Accés als recursos materials Accés als recursos immaterials Deslocalització i migració Patrimoni cultural Seguretat i condicions de vida saludables Respecte dels drets dels indígenes Integració a la comunitat Ocupació a nivell local Condicions de vida segures
Societat (nacional i mundial)	Compromisos públics en temes de sostenibilitat Contribució al desenvolupament econòmic Prevenició i mitigació dels conflictes armats Desenvolupament tecnològic Corrupció
Actors en la cadena de valor (incloent també proveïdors)	Competència lleial Promoure la responsabilitat social Relacions amb els proveïdors Respecte dels drets de propietat intel·lectual

Per últim, en l'ACV-S s'han de tenir en compte una sèrie d'aspectes que no se solen contemplar en les ACV-A, alguns dels quals han estat analitzats per diversos autors. Per exemple cal tenir en compte les **nacions** i les seves “**relacions internacionals**” en les



ACV-S [Ekvall 2011]. Un exemple clar en seria el boicot al cava català de 2005, que ha de ser considerat un factor social, ja que no pot representar-se de forma ambiental, i tot i que té un impacte econòmic important, la seva base és de caire social, afectant a la percepció de les persones.

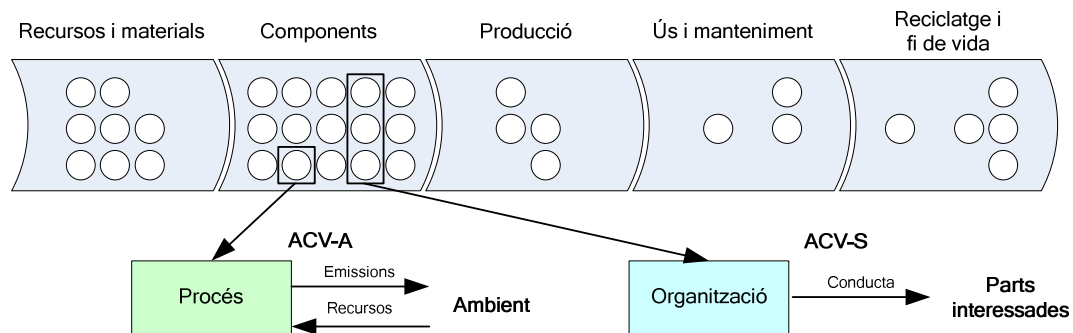


Figura 5-2 Comparació de la focalització de les ACV-A en processos i de les ACV-S en organitzacions i l'impacte de la seva conducta sobre les parts interessades (adaptat de Dreyer *et al.* [2003]).

Com a resum, tal i com es veu a la **Figura 5-2**, una ACV-A es centra en processos individuals i els fluxos físics que els connecten amb el medi ambient. En canvi, les ACV-S es centren en les organitzacions que intervenen al cicle de vida i l'impacte que la seva conducta té sobre les parts interessades que es troben afectades per les seves accions.

5.1.3 Marc tècnic de l'ACV-S

L'objectiu de l'avaluació és un punt que es tracta àmpliament en diversos estudis incloent la Guia Social. L'ús d'indicadors implica la detecció de temes importants a tenir en consideració, és a dir quelcom a ser protegit, que s'anomenarà **àrea de protecció (AdP)**. Les AdP bàsiques en l'ACV-A són la salut humana, el medi ambient natural, els recursos naturals i el medi ambient humà, però en l'ACV-S no són suficients, cal ampliar-les amb per exemple la dignitat humana i el benestar [Jorgensen *et al.* 2008]. Cal tenir en consideració també que les àrees de protecció poden ser individuals i socials [Jorgensen *et al.* 2010]. Una àrea de protecció individual indica que l'objectiu és avaluar els impactes sobre el benestar de l'individu. Una àrea de protecció social indica que l'objectiu és avaluar la riquesa de la societat en un concepte més ampli. Segons alguns autors, aquests objectius estan molt relacionats entre sí. La literatura mostra exemples d'ACV-S orientats a l'individu [Benoit *et al.* 2010, Dreyer *et al.* 2003, Weidema 2006] i també orientats a la societat en general [Saling *et al.* 2005].

La base de qualsevol ACV-S és la informació i les dades que descriuen el cicle de vida del producte, els processos que hi intervenen i les relacions amb les diferents parts interessades d'acord amb l'objectiu i abast definits per a l'estudi. Per estructurar la recopilació de dades, s'utilitza un conjunt d'**indicadors d'inventari**. Cada indicador d'inventari defineix de forma específica les dades a recopilar, que poden ser quantitatives o qualitatives. L'ús d'indicadors qualitius s'ajusta a la norma **ISO 14040 [2006]** que permet el seu ús quan sigui necessari. Els indicadors d'inventari estan agrupats en **subcategories d'impacte**, que a la vegada s'agrupen en **categories d'impacte** i **categories de les parts interessades** (Figura 5-3).

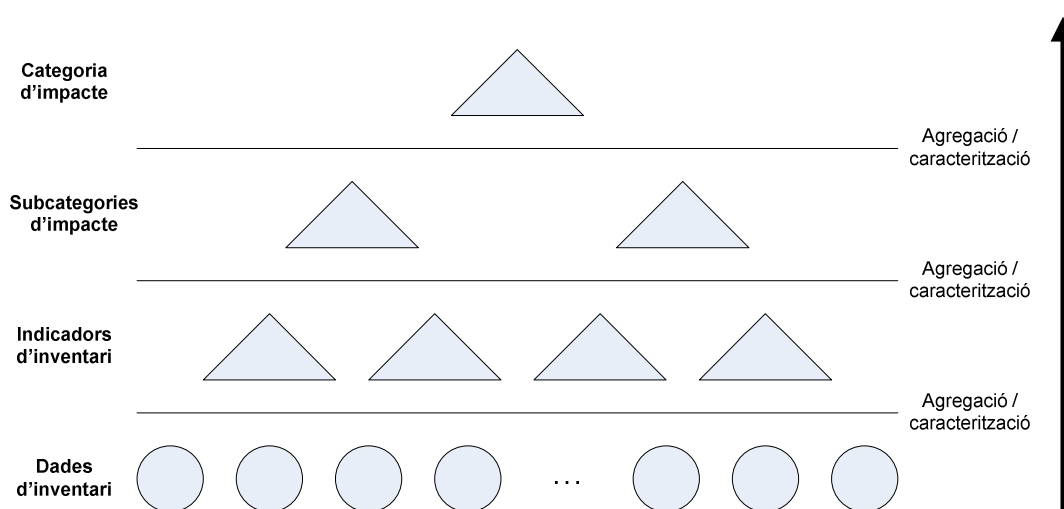


Figura 5-3 Concepte i agrupament d'indicadors d'inventari, subcategories i categories d'impacte.

Cada categoria d'impacte està relacionada amb temes socials d'interès per a les parts interessades i per als encarregats de prendre decisions ("decision makers"). Aquests temes socials d'interès poden ser: drets humans, condicions laborals, patrimoni cultural, pobresa, malalties, conflictes polítics o drets dels indígenes entre d'altres. Actualment però, no existeix cap conjunt de categories d'impacte recomanades. La classificació en funció de les parts interessades i de les categories d'impacte són complementàries entre elles.

Categories de les parts interessades: les etapes del cicle de vida estan relacionades amb l'extracció de recursos, la transformació, la fabricació, el muntatge, la comercialització, la venda, l'ús, el reciclatge i l'eliminació entre d'altres. Cada una d'aquestes etapes del cicle de vida pot estar associada amb una ubicació geogràfica on es duen a terme un o més d'aquests processos (mines, fàbriques, carreteres, vies de tren,



ports, botigues, oficines, empreses de reciclatge i abocadors). En cadascuna d'aquestes ubicacions geogràfiques, es poden observar impactes socials i socioeconòmics que es poden incloure en alguna de les cinc categories principals de les parts interessades [UNEP-SETAC 2009]:

1. Treballadors
2. Comunitat local
3. Societat (nacional i mundial)
4. Consumidors (abastant consumidors finals i també els intermedis)
5. Actors en la cadena de valor (incloent també proveïdors)

Una categoria de les parts interessades agrupa interessos similars gràcies a una relació semblant amb el producte investigat. La guia dona la llibertat d'usar categories addicionals de parts interessades (organitzacions no governamentals, autoritats públiques, generacions futures, ...) alhora que fer més diferenciacions o subcategories (gestores, accionistes, socis de negocis, ...). Per tant, es defineix un marc de treball mínim, però no es limita.

Subcategories d'impacte: com que les categories d'impacte és un tema molt extens, la Guia Social es centra només en la identificació i creació de consens al voltant de les subcategories que descriuen els interessos d'àrees socials concretes. Les subcategories d'impacte (socials i socioeconòmiques) s'han definit en base a acords internacionals i a les millors pràctiques disponibles. La **Taula 5-3** presenta el conjunt de subcategories d'impacte incloses en la Guia Social [UNEP-SETAC 2009], que recomana l'ús d'aquestes com a mínim.

Per evitar la subjectivitat personal i cultural o qualsevol orientació política, les categories, subcategories i indicadors d'inventari han estat seleccionats amb concordança a instruments internacionals. La convenció internacional sobre els drets humans n'és un clar exemple, essent una base per a la definició d'indicadors per a l'ACV-S i un bon exemple de conjunt universal de criteris socials. A més a més, s'han usat instruments internacionals, iniciatives, marcs jurídics o d'altres per definir aquestes subcategories que són més que el mínim socialment exigible.

El context d'ús planteja reptes que es cobriran amb diferents nivells d'avaluació. Per exemple, la legislació en els països desenvolupats en principi ja cobreix molts dels drets humans i dels treballadors i l'aplicació de la llei pot ser excel·lent. Aquest però, pot no ser el cas de països en vies de desenvolupament en aquesta i altres subcategories com per exemple el dret a la llibertat d'associació.

Indicadors d'inventari: després de definir les categories de les parts interessades i les subcategories d'impacte, cal definir els indicadors per poder recopilar les dades i generar l'inventari. Els indicadors d'inventari es caracteritzen pel seu tipus (qualitatius o quantitatius) i la seva unitat de mesura. La definició dels fulls metodològics de les subcategories d'impacte i el suggeriment d'indicadors d'inventari són la base per al desenvolupament de l'ICV social.

Anàlisi de l'inventari: igual que en l'ACV-A, no cal recollir dades bàsiques de cada una de les unitats de procés dins el cicle de vida del producte. El que sí que fa falta és recopilar tenint en compte la prioritat de les dades i considerar dades mitjanes o dades representatives quan sigui possible. Com que encara estem en els inicis de la construcció de bases de dades d'inventari per l'ACV-S, es recomana que l'anàlisi de l'inventari es faci en diferents fases. Un cop modelat el sistema en base al flux de referència, s'han de recollir dades de les variables de procés que ens donin una idea de la importància relativa de cada unitat de procés. Aquestes primeres dades són les referents a on són més importants les hores de treball i/o quin és el valor afegit en cada unitat específica de procés. Amb aquesta informació es té un primer indicatiu per saber on s'han de centrar els esforços a l'hora de recopilar dades per l'inventari. No obstant això, aquesta informació només és indicativa, ja que les hores de treball i el valor afegit no són el mateix que els impactes socials. La segona fase és la identificació de "hotspots" (punts calents), que indiquen on es troben els impactes socials potencialment més importants del cicle de vida. Els "hotspots" socials seran unitats de procés localitzats en un sector i regió amb un alt risc de ser un impacte negatiu o una gran oportunitat de ser un impacte positiu. Finalment, si l'objectiu i abast ho requereixen, es procedirà a buscar les dades referents a aquests "hotspots" detectats.

Avaluació d'impactes del cicle de vida (AICV): modelar els impactes socials en base a la informació obtinguda a través dels indicadors d'inventari implica múltiples passos. Com que les metodologies per avaluar els impactes d'una ACV-S encara estan en



desenvolupament, la Guia Social només presenta un marc general. L'AICV està estructurat com un conjunt de categories d'impacte resultants d'agregar les subcategories d'impacte, que alhora agreguen els indicadors d'inventari (veure **Figura 5-3**). Els models d'agregació de les dades de l'inventari mitjançant algun tipus de caracterització encara s'han de desenvolupar. Per exemple podrien implicar resumir la informació qualitativa o sumar la informació quantitativa, però encara no s'ha establert com. La informació de l'inventari pot també requerir d'un sistema de puntuació, cosa que permetria poder comparar unívocament diversos estudis o establir una base sobre la que valorar els resultats obtinguts. Una altra forma d'agregar la informació d'inventari és mitjançant l'avaluació d'atributs del cicle de vida, en la que es calcula el percentatge d'activitat respecte el total del cicle de vida. Aquesta opció permet arribar a resultats com per exemple que el 75% de les hores de treball en el cicle de vida del producte se sap que són lliures d'explotació infantil. Aquesta discussió s'amplia en la secció següent, posant exemples de les diferents variants que es contemplen en la Guia Social.

5.1.4 Tipus d'avaluació d'impactes i models de caracterització

Anant una mica més enllà, en la Guia Social despunten dos tipus d'avaluació d'impactes de cicle de vida socials (AICV-S), que podem anomenar “tipus 1” i “tipus 2” [UNEP-SETAC 2009]. Els dos tipus s'avaluen mitjançant els **models de caracterització** [Parent *et al.* 2010], que defineixen com es fa l'agregació de les dades.

En el **tipus 1** d'AICV-S, no s'usen les relacions causa-efecte degut a que “no són suficientment simples o no es coneixen amb suficient precisió com per permetre un modelat causa-efecte quantitatiu” [UNEP-SETAC 2009]. La Guia Social proposa que els indicadors d'inventari s'agreguin mitjançant “l'avaluació de significat”, un sistema de puntuació i ponderació que procurarà representar un consens internacional a través dels *punts de referència del rendiment*. En aquest cas, s'usen subcategories com un pas intermedi entre les dades recollides i la categoria d'impacte [UNEP-SETAC 2009]. Per exemple, la subcategoria “Sou Just” proposada a la Guia Social es podria avaluar amb un indicador semiquantitatiu (1 si l'empresa paga sous menors al 95% del sou mínim interprofessional o 0 en cas contrari). En aquest exemple, 1 i 0 són el sistema de puntuació que permet traduir un indicador qualitatiu a un valor semiquantitatiu. La forma semiquantitativa permet l'agregació, utilitzant un sistema de ponderació que proporciona un indicador per una subcategoria d'impacte [Parent *et al.* 2010]. És important destacar

que l'ús de *punts de referència del rendiment* permet avaluar la **posició** d'una unitat de procés en relació al rendiment esperat segons les convencions internacionals. Això permet saber en quin punt ens trobem d'una escala social de referència (per exemple la de les millors tècniques disponibles) o per establir la posició relativa en un país.

En el **tipus 2** s'utilitzen models de caracterització que volen representar l'origen de l'impacte, com en l'ACV-A conseqüencial. En aquest tipus s'analitza l'impacte d'acord amb "les vies d'impacte", on l'indicador d'inventari es tradueix a un indicador intermedi i, potencialment, a un indicador final. Això implica que les descripcions siguin majoritàriament quantitatives i representin les cadenes causa-efecte. Un exemple d'aquest cas seria una avaluació genèrica dels beneficis (en termes de riquesa) atribuïbles als processos que intervenen en el cicle de vida del producte (en relació amb les hores de treball per unitat de sortida). Aquesta avaluació, utilitza les hores de mà d'obra necessàries per a cada unitat de procés i utilitzant les relacions causa-efecte, les tradueix en capacitat dels treballadors d'accés a l'habitatge, l'atenció sanitària i l'educació [Hunkeler 2006]. Existeixen exemples on enlloc de descriure un mètode d'ACV-S com a tal, es mostra una possible manera d'avaluar impactes [Weidema 2006], tot i la falta de consens sobre les relacions causa-efecte socials [Jorgensen *et al.* 2008].

La **Figura 5-4** mostra una representació dels tipus 1 i 2 de metodologia d'AICV-S. En resum, la Guia Social distingeix els tipus 1 i 2 en funció de les categories d'impacte. Tot i això, segons la informació presentada de diversos autors, sembla més propi distingir els dos tipus segons el **model de caracterització** emprat.

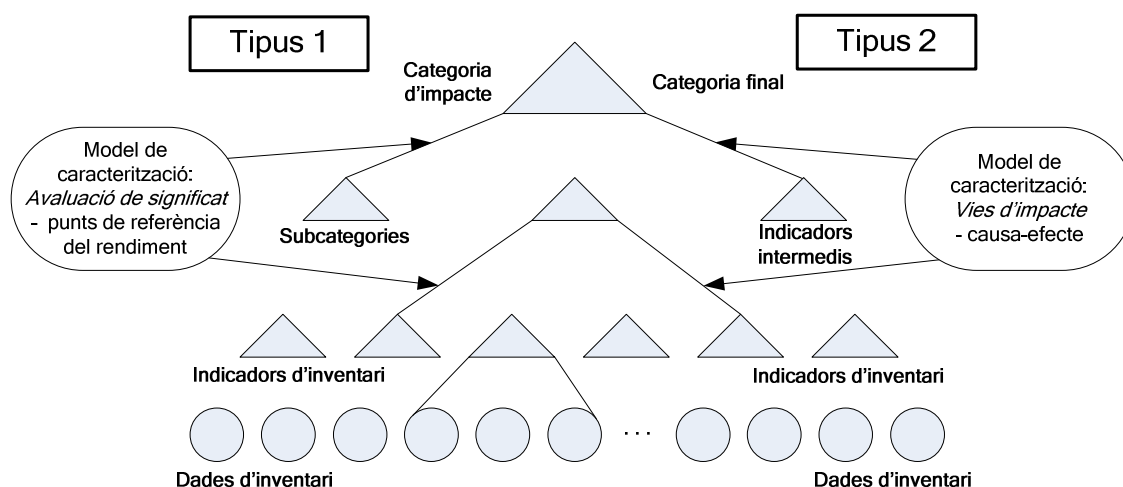


Figura 5-4 Comparació entre els tipus 1 i 2 (adaptat de UNEP-SETAC [2009]).



Un altre aspecte a considerar en l'avaluació d'impactes és tenir en compte l'impacte de no produir o no usar un producte [Jorgensen *et al.* 2010]. L'estructura d'una ACV-S per a avaluar les conseqüències de decidir entre dos productes no és tan simple com en el cas de les ACV-A. En una anàlisi ambiental, el fet de no consumir/produir un producte, sol implicar un impacte nul en el sistema estudiat. En el cas de les ACV-S, el fet de no consumir/produir un producte pot suposar el consum/producció d'un altre, per tant, l'impacte resultant no és nul [Jorgensen *et al.* 2010].

S'haurà de prendre en consideració durant l'avaluació la dualitat **d'efectes directes i indirectes** [Jorgensen *et al.* 2010, Pozo *et al.* 2009]. Els efectes directes són fàcilment identificables, doncs relacionen directament un indicador amb un impacte. El efectes indirectes en canvi, no són tan clars, com per exemple els canvis en la societat degut a l'ús de cotxes i telèfons mòbils. Aquests últims són molt difícils i fins i tot impossibles de contemplar [Pozo *et al.* 2009].

Així doncs, per acceptar una ACV-S com a vàlida, cal que tingui en compte el resultat de les decisions dutes a terme i també les no dutes a terme a més del model de caracterització emprat en l'AICV.

Per a poder desenvolupar una ACV-S de forma correcta, s'haurà de disposar d'una metodologia útil, que sigui vàlida (que tingui en compte el resultat de les decisions i les no-decisions) i que l'ACV-S proporcioni un efecte beneficiós per la societat tal i com es representa a la **Figura 5-5**.

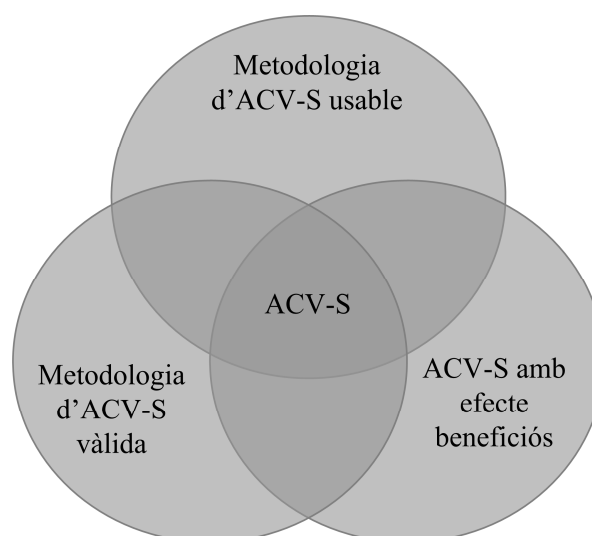


Figura 5-5 Criteris per a una ACV-S correcta (adaptat de Jorgensen *et al.* [2009]).

5.1.5 Com s'obtenen les dades per una ACV-S? Els indicadors.

Per tal de poder quantificar els impactes socials cal establir primer de tot una sèrie d'indicadors que ens permetin valorar quantitativament aquests impactes. La Guia Social no estableix els indicadors, però en fa suggeriments. És necessari doncs desenvolupar aquests indicadors i seleccionar els més adequats per a cada context, ja que en el cas social encara no hi ha un consens clar de quins s'han d'emprar i com valorar-los en els diversos àmbits en què poden ser d'utilitat.

La discussió sobre els indicadors ja era present abans de la publicació de la Guia social. En un treball de 2008 es planteja que els indicadors poden estar orientats a diversos objectius, com són impactes molt propers als processos del sistema i per altra banda, impactes socials de caire més general [Jorgensen *et al.* 2008]. A més, segons aquest treball, cal tenir en compte si s'enfoca l'anàlisi social a nivell local o a nivell global, doncs el resultat pot canviar de forma considerable. S'ha de tenir en compte també el tipus de dades que es pretén recollir:

- Dades genèriques: més fàcils d'aconseguir, però poca exactitud de les dades. Caldria poder-ne fer prou amb aquest tipus de dades.
- Dades específiques: més laborioses d'aconseguir, proporcionen una major exactitud. Aquestes requereixen una auditoria per obtenir dades de qualitat. Actualment no es disposen d'aquest tipus de dades en bases de dades, però és previsible que existeixin en el futur, tal i com ha passat amb les bases de dades ambientals.

Cal tenir en compte que la consideració d'impactes ambientals en funció del nombre de persones a les que afecta o en funció de la quantitat que es produeix d'un producte no es poden acceptar com a indicadors socials, però a partir d'aquestes dades sí que se'n poden derivar indicadors [Ulgiati *et al.* 2011]. Per exemple, un menor ús de gasoil per habitant no és un indicador social, però pot suposar un menor risc per la salut, que sí que es pot considerar indicador social.

Un exemple de com aplicar un indicador social usant el model de caracterització de tipus 2 es mostra en el treball de Jorgensen *et al.* [2010]. En aquest treball, es pren l'*explotació infantil* com a indicador per avaluar l'impacte del *benestar*. Primer de tot, cal



tenir clar que la correlació entre indicadors i impactes és en general força baixa. En el cas del *benestar* com a impacte, cal primer de tot clarificar la seva definició, ja que hi pot haver diverses maneres d'entendre el *benestar*. S'ha de tenir en compte que el benestar pot ser subjectiu, i en aquest cas, no es veu afectat per un rang considerable de condicions de vida. Aquest fet implica que la introducció d'indicadors subjectius pot millorar la validesa de l'avaluació, però és quelcom poc pràctic a causa de la falta de dades. Aquesta manca es pot cobrir concretant la ubicació de l'avaluació, però això disminuirà l'aplicabilitat de la ACV-S en altres ubicacions. Per tal de tenir un impacte objectiu, caldria definir “benestar” com a “viure en un bon ambient” o “ser útil al món”, que es relacionen amb qualitats externes a l'individu i per tant es relacionen amb indicadors objectius (que no depenen d'un individu).

La **Figura 5-6** mostra dues possibles vies d'impacte que relacionen el treball infantil amb el benestar i el desenvolupament de la societat. La figura mostra com una certa “quantitat” d'un fenomen donat, per exemple, “la incidència del treball infantil” o “els resultats escolars” afecta el següent graó en via d'impacte.

El fet d'incorporar indicadors subjectius, pot millorar la validesa de l'ACV-S, però incrementa la necessitat de dades, l'especificitat de la localització de l'estudi i a més planteja un problema en els límits del sistema. Per això, el control que s'ha de fer en l'ACV-S encara no està clar. A més de tenir en compte la **validesa** de l'ACV-S cal també considerar la **viabilitat** de desenvolupar l'indicador, la **disponibilitat de dades** i l'**entorn polític** de l'ACV-S.

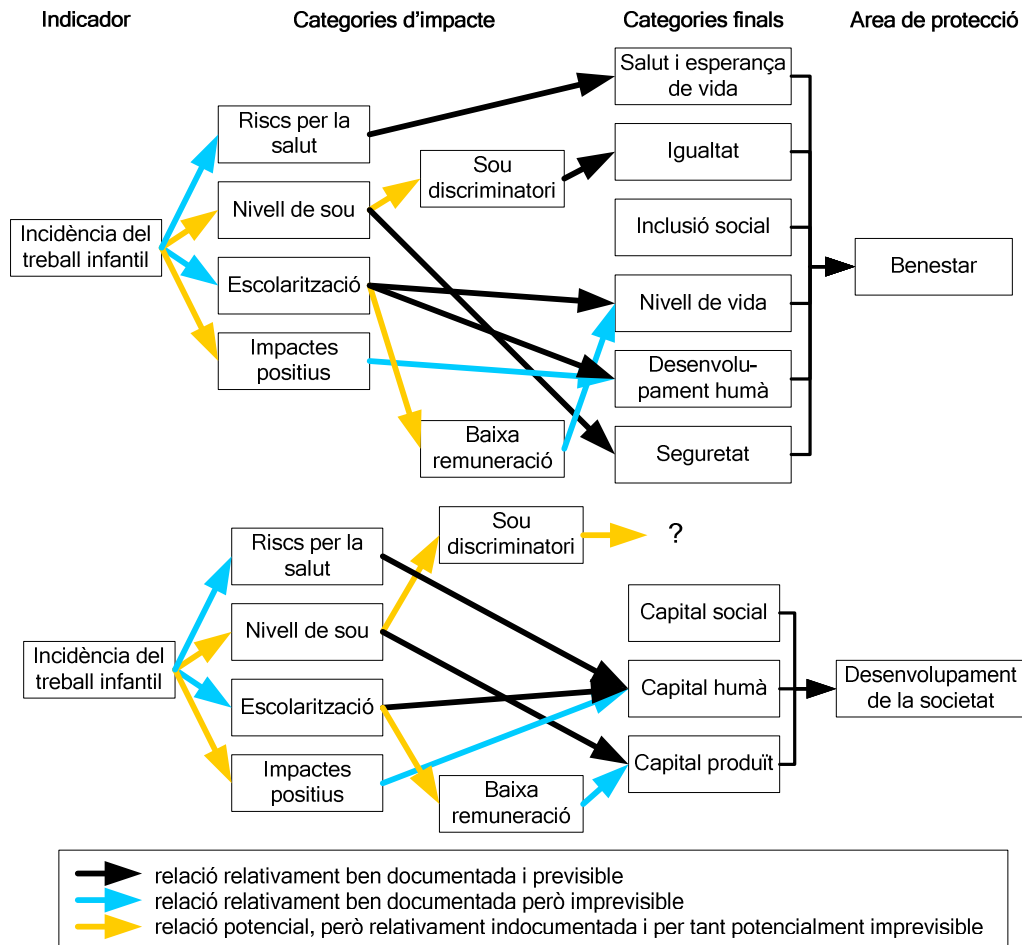


Figura 5-6 Via d'impacte del treball infantil (adaptat de Jorgensen *et al.* [2010]).

Cal doncs, continuar la recerca d'indicadors socials viables i significatius per a les ACV-S. La biodiversitat és un exemple d'aquest cas en contrast amb l'ús del sòl entesa com a ocupació de superfície terrestre, que es pot comptabilitzar sense massa problemes. Altres exemples d'indicadors que poden suposar problemes són els que representen suport per a la vida com l'aigua corrent i l'erosió del sòl [Kloepffer 2008]. Segons de Haes [2008], només hi ha pocs indicadors socials que es puguin comptabilitzar de forma relativament simple, com el nombre d'hores de treball per unitat de procés. Tot i ser ideal per a l'anàlisi quantitativa dins de l'ACV, sorgeix un altre problema, que aquest indicador no pot ser interpretat de manera unívoca. És alhora bo i dolent. Per una banda, un elevat nombre d'hores de treball indica alt nivell d'ocupació per unitat funcional, cosa que implica un alt valor social. D'altra banda, indica tecnologia obsoleta i per tant baixa competitivitat en el mercat.



Aquesta visió dels indicadors socials fa que sigui molt difícil d'establir-los de manera senzilla. Caldrà avaluar les diferents possibles interpretacions i tenir cura de clarificar els diferents efectes que poden tenir els impactes que volem quantificar amb un indicador per tal de poder generar l'inventari.

5.1.6 Necessitats de recerca en les ACV-S

Ja en la pròpia Guia Social s'identifiquen les necessitats de recerca en l'àmbit de les ACV-S, que es mostren esquematitzades a la **Taula 5-4**. Les necessitats generals inclouen per exemple el desenvolupament de material educatiu per comunicar les bones pràctiques en l'ACV-S. També inclouen la realització d'estudis de casos per donar suport a la pràctica de l'ACV-S i facilitar el desenvolupament de la metodologia. En quant a la complexitat dels resultats d'una ACV-S, un dels camps per desenvolupar és l'establiment de models per a la presentació de conclusions.

Taula 5-4 Necessitats de recerca en l'ACV-S.

ACV-S	Necessitats de recerca
General	Casos d'estudi
	Material educatiu
	Desenvolupament de metodologia
	Documentació i comunicació
	Utilitat del producte i acceptabilitat social
	Acostament a les parts interessades
	Desenvolupament de models
	Procés de revisió
Objectiu i abast	Utilitat del producte
	ACV conseqüencial
Anàlisi d'inventari	Documentació i límits del sistema
	Models metodològics
	Desenvolupament d'una base de dades
Avaluació d'impactes del cicle de vida (AICV)	Metodologies
	Àrees de protecció

Pel que fa a la fase d'objectiu i abast, s'identifica la investigació en les ACV-S de caire conseqüencial (tipus 2) com estratègica i altament recomanable. En la fase d'anàlisi d'inventari, el desenvolupament i la millora de la metodologia per a la selecció de subcategories s'identifica com una prioritat per a la investigació. Una altra gran necessitat és el desenvolupament de bases de dades que ajudin a detectar els "hotspots". En resum,

cal tenir en compte que les metodologies d'avaluació d'impactes són un camp obert per a futures investigacions.

5.2 Avaluació social del model d'explotació proposat

En aquest apartat es planteja l'avaluació social del model d'explotació, però degut a l'estat encara precoç de la metodologia no es realitza l'ACV-S. Es fa el plantejament de l'ACV-S necessari per a fer l'avaluació i la identificació de les categories requerides per a desenvolupar l'anàlisi. A partir d'aquest punt, es presenten dues aportacions a la metodologia, primerament la creació d'indicadors específics per un model agrícola i després una proposta de caracterització per la subcategories sou just. D'aquesta manera es mostra l'aplicació de la metodologia punt per punt.

5.2.1 Plantejament de l'ACV-S

Primerament, cal establir la definició d'objectius i abast del sistema, tal i com s'ha fet en les ACV-A i ACV-E. Aquí es plantejarà el necessari per a realitzar l'avaluació, mostrant el procediment, tot i que no es durà a terme aquest anàlisi.

L'**objectiu de l'estudi** és plantejar una anàlisi de cicle de vida social del model proposat en el **Capítol 2**, concretament comparar l'estat actual amb els canvis que implica el model d'explotació agrícola proposat. L'**abast de l'estudi** inclou la identificació i selecció de les categories i subcategories d'impacte que afecten al model proposat, la definició d'indicadors per a realitzar l'avaluació social i el càlcul d'alguns dels indicadors socials. A més, es planteja el càlcul d'una subcategoria d'impacte social (sou just). Es pren el conreu i gestió d'una explotació agrícola de 100 ha com a **unitat funcional** on s'aplica el model proposat, tal i com s'ha fet en l'estudi econòmic. El **límit del sistema** inclou el cicle de vida dels productes agrícoles, considerant les fases de producció de matèries primeres, la fase de fabricació del producte (camp, magatzem, tractor i instal·lacions de premsat) i la fase d'ús del combustible. L'ús dels productes agrícoles obtinguts (cereals, oli i tortó) queden fora dels límits del sistema.

En quant a l'**inventari del cicle de vida (ICV)**, es disposa de les dades recopilades en l'ACV-A i en l'ACV-E, però no es disposa de bases de dades socials (no han estat encara desenvolupades), i per tant només es poden utilitzar les dades socials que han estat



recopilades en les altres avaluacions de cicle de vida. La necessitat de dades i la manca d'una metodologia plenament desenvolupada fa que de **l'avaluació dels impactes del cicle de vida** (AICV), només es plantegi una proposta de càlcul d'una subcategoria d'impacte desenvolupada a partir de les recomanacions de la Guia Social.

Cal tenir en compte que l'ACV-S treballa amb informació d'atributs o característiques dels processos o les empreses. Aquesta informació no sol tenir massa sentit expressar-la en funció de la unitat funcional, però pot ser interessant d'expressar proporcionalment a la quantitat d'unitat processada en el cicle de vida (en aquest cas 100 ha conreades segons l'escenari considerat del model proposat, igual que en l'estudi econòmic del model).

Per últim, la **interpretació dels resultats** que s'han pogut obtenir es troba en l'apartat de conclusions (**apartat 5.2.5**).

Taula 5-5 Escenaris considerats per l'ACV-S.

Escenaris	Rotació ¹	Combustible usat	Descripció
A. Dièsel colza	CBOOO	Dièsel	Introducció de la colza en la rotació clàssica
B. OVC colza	CBOOO	OVC	Introducció de la colza i processat d'una part de la llavor per obtenir oli usat com a biocarburant

¹C: Colza, B Blat, O: Ordi.

Així com en el cas de l'ACV-A i l'ACV-E, també cal plantejar els escenaris a tenir en consideració per avaluar-los en l'anàlisi. Els dos escenaris que es compararan en l'ACV-S són els que es mostren a la **Taula 5-5**.

Aquests escenaris tenen en compte diverses etapes, que es mostren a la **Figura 5-7**. En ella es poden veure els processos que intervenen en el model a més de la quantificació de carburant que s'usa en cada cas. Les etapes mostrades són les que poden tenir més efecte en la comparació social dels escenaris proposats.

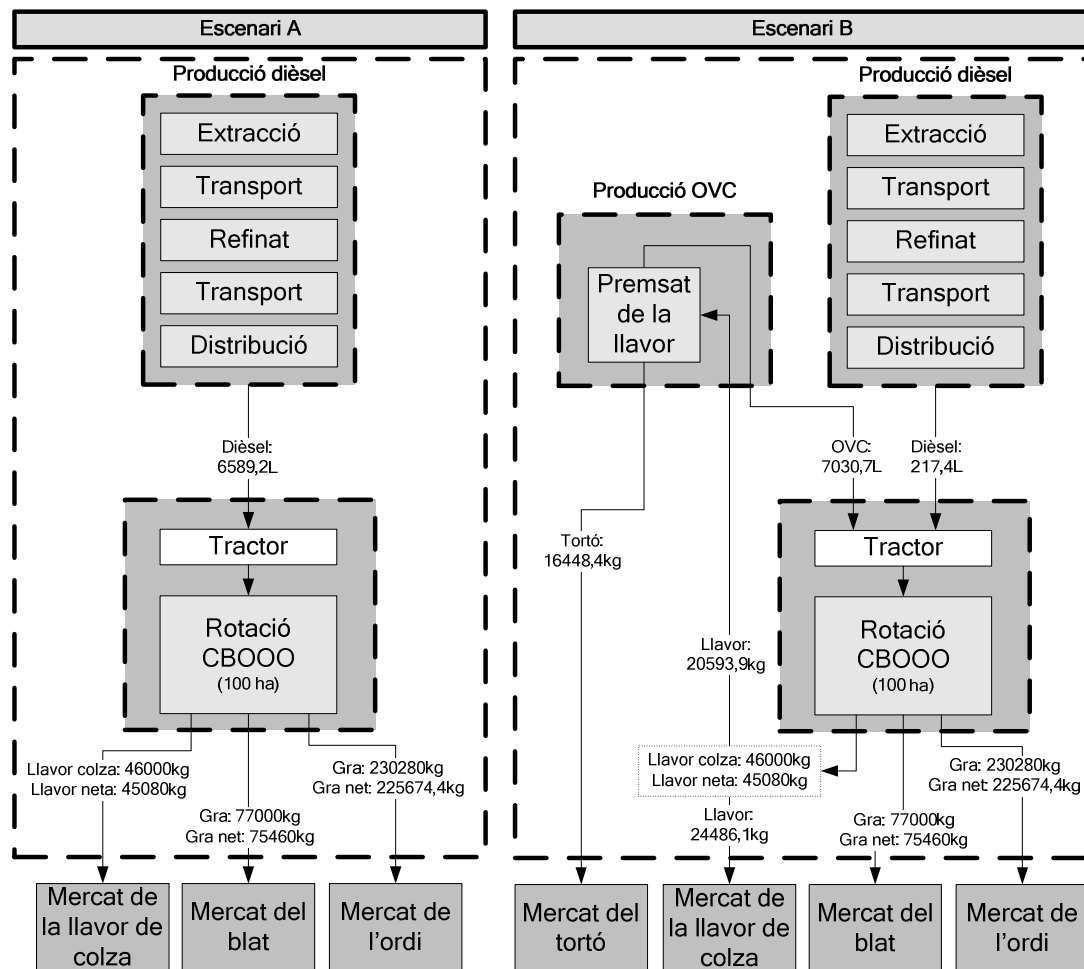


Figura 5-7 Etapes del model a considerar per l'avaluació social i dades sobre carburant utilitzat.

En el model proposat en el **Capítol 2**, es presenta una proposta d'autoabastament de biocarburant amb la disminució de l'ús de dièsel. Els límits del sistema usats en el **Capítol 3** (ACV-A) i **Capítol 4** (ACV-E) s'estenen fora de l'àmbit en el que es produeix l'activitat principal del sistema (camp i instal·lacions per a la seva gestió), abastant la producció de tots els components del sistema i la venda dels productes obtinguts.

En el cas de l'ACV-S que es vol fer hi ha bàsicament dues fases que diferencien els dos escenaris a comparar, són la fase de fabricació del producte (variacions en el tractor i l'ús d'instal·lacions de premsat) i la fase de producció del dièsel (extracció, refinat i transport), tal i com es mostra a la **Figura 5-8**. La producció de fertilitzants i pesticides seria la mateixa per als dos escenaris que es volen comparar.

També es podria plantejar l'expansió dels límits del sistema per incloure la producció de l'aliment humà que cal produir en una altra localització i el tortó (o equivalent pel referent



a aliment animal) que es deixa de produir en una altra localització. Aquesta expansió donaria lloc a una ACV conseqüencial, que estudiaria les conseqüències del model proposat. Com en el cas de l'ACV-A, l'expansió del sistema implica la necessitat d'una quantitat molt important de dades a les que no es pot accedir fàcilment i que són de caràcter indefinit (com la localització on es produiria l'aliment humà o on es deixaria de produir aliment animal). Per això, no s'inclourà en aquesta avaluació social.

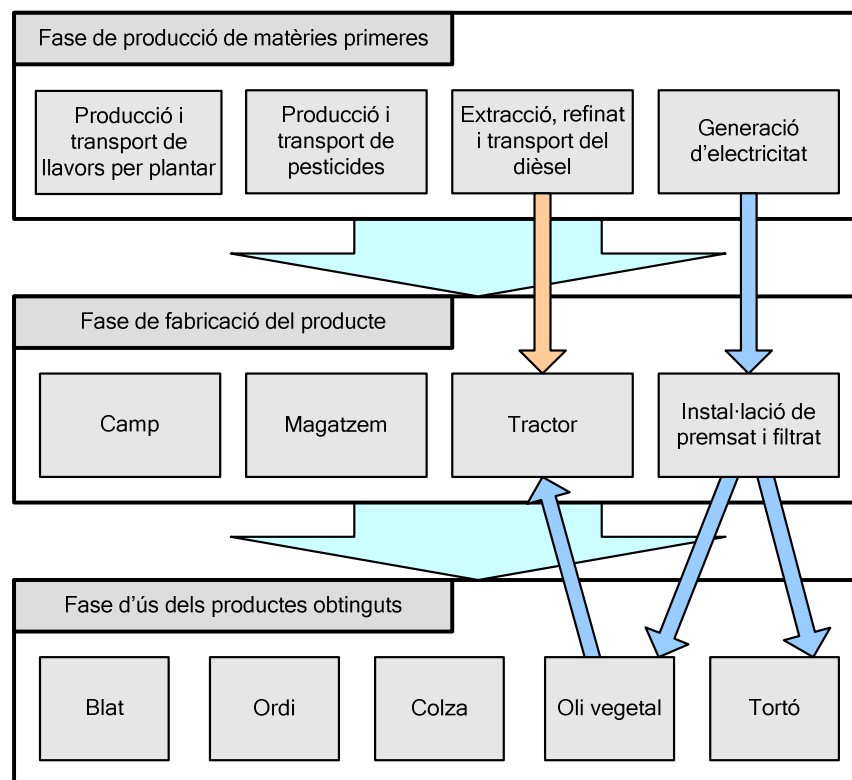


Figura 5-8 Fases en el model proposat per la comparativa social d'escenaris.

En aquest context, primer de tot caldrà identificar les categories i subcategories d'impacte que són importants considerar en aquest estudi. Un cop seleccionades en funció de la seva importància en els sistemes que es volen comparar, caldrà identificar els indicadors necessaris per avaluar-les. El pas següent implica realitzar l'agregació dels indicadors per obtenir una valoració de la subcategoria i seguidament de la categoria d'impacte. Cal tenir en compte que una de les especificitats més importants d'aquest estudi comparat amb els casos que hi ha actualment descrits a la bibliografia sobre ACV-S és que es tracta d'un model agrícola proposat i que per tant, no existeixen encara explotacions agrícoles reals que funcionin d'aquesta manera. Per tant, no es podran obtenir dades reals sobre el funcionament i l'organització d'explotacions concretes.

Després d'identificar les subcategories d'impacte, els resultats finals d'aquest estudi estaran emmarcats en dues vessants en el desenvolupament de l'ACV-S:

- Desenvolupament de nous indicadors específics per al model agrícola proposat.
- Caracterització d'una subcategoria d'impacte a partir de l'agregació dels seus indicadors en les diferents fases del cicle de vida dels dos sistemes comparats.

5.2.2 Identificació de les categories i subcategories d'impacte.

La selecció de categories d'impacte és el que marcarà com serà l'avaluació social, ja que aquesta selecció determinarà quins aspectes socials es tindran en compte i s'analitzaran en l'estudi.

Les subcategories enumerades en la Guia Social i dues més desenvolupades en aquest treball es mostren a la **Taula 5-6**, marcades amb negreta hi trobem les subcategories més susceptibles de veure's afectades i de ser diferents per als dos sistemes/escenaris que es volen comparar. Aquesta selecció per idoneïtat elimina subcategories que clarament no es veuran afectades (i per tant no seran significatives) quan avaluem socialment el model d'explotació proposat usant OVC (escenari B) contraposant-lo al escenari que introdueix colza a la rotació de conreus actual (blat i ordi) i usant dièsel com a combustible per a la maquinària agrícola (escenari A).

Taula 5-6 Identificació de les subcategories d'impacte susceptibles d'afectar el model proposat.

Categories de les parts interessades	Subcategories d'impacte
Treballadors	Llibertat d'associació i negociació col·lectiva
	Treball infantil
	Sou just
	Hores de treball
	Treballs forçats
	Igualtat d'oportunitats / discriminació
	Salut i seguretat
	Beneficis socials / seguretat social
Consumidors (abastant consumidors finals i també els intermedis)	Salut i seguretat
	Mecanismes de retroalimentació
	Privacitat del consumidor
	Transparència
	Responsabilitat de final de vida d'un producte



Comunitat local	Accés als recursos materials
	Accés als recursos immaterials
	Deslocalització i migració
	Deslocalització per motius econòmics (NOVA¹)
	Patrimoni cultural
	Seguretat i condicions de vida saludables
	Respecte dels drets dels indígenes
	Integració a la comunitat
	Ocupació a nivell local
	Condicions de vida segures
Societat (nacional i mundial)	Compromisos públics en temes de sostenibilitat
	Contribució al desenvolupament econòmic
	Prevenició i mitigació dels conflictes armats
	Desenvolupament tecnològic
	Corrupció
	Seguretat i medi ambient (NOVA¹)
Actors en la cadena de valor (incloent també proveïdors)	Competència lleial
	Promoure la responsabilitat social
	Relacions amb els proveïdors
	Respecte dels drets de propietat intel·lectual
¹ NOVA implica que és una subcategoria que no apareix en la Guia Social ni els fulls metodològics i que s'ha desenvolupat durant la realització d'aquest treball. En negreta es destaquen les subcategories més susceptibles de ser diferents en els dos escenaris a comparar.	

Les definicions de les 31 subcategories, extretes dels fulls metodològics [UNEP-SETAC 2009] i les 2 noves es troben en l'**annex A.5**. La idoneïtat de la selecció de subcategories es comenta a continuació agrupades per categories de les parts interessades.

Treballadors:

Les subcategories relacionades amb els treballadors poden ser significatives en la comparació dels dos escenaris estudiats ja que s'ha de contemplar la producció del dièsel, l'extracció del qual acostuma a ser en països on la protecció dels treballadors és baixa o dubtosa.

Pot no haver-hi llibertat d'associació i negociació col·lectiva, existir casos de treball infantil, falta d'un sou just, hores de treball excessives i no regulades, casos de treballs forçats, manca d'igualtat d'oportunitats i discriminació, baixa salut i seguretat dels treballadors i baixos o inexistents beneficis socials o seguretat social.

En els treballs que es realitzen pròpiament en la zona d'estudi, es poden descartar els efectes de subcategories com el treball infantil o els treballs forçats, però s'hauria de tenir en compte la subcategoria de **hores de treball** per veure com afecta la incorporació de l'etapa de processat de la llavor per obtenir l'oli. També s'ha de considerar la **seguretat i salut** dels treballadors pel que fa a les característiques del carburant i la seva manipulació i emmagatzematge (per exemple la baixa inflamabilitat de l'oli, la toxicitat del dièsel, ...).

Consumidors:

Tenint en compte que els productes obtinguts en els dos escenaris a comparar són els mateixos (gra i llavor) i que no es distingiran pel fet que els treballs de camp s'hagin fet utilitzant oli o dièsel com a combustible, la majoria de subcategories relatives als consumidors (salut i seguretat, mecanismes de retroalimentació, privacitat, etc.) són de poca significança. L'única subcategoria d'aquesta part interessada que seria interessant tenir en compte és la transparència, doncs l'explotació agrària podria incorporar algun tipus de segell d'agricultura que certifiqués l'ús de biocarburant. Pel que fa a l'efecte en la producció del dièsel, s'hauria de tenir accés a dades de la transparència de les empreses que venen dièsel i els intermediaris per poder-la valorar.

Comunitat local:

Cal tenir en compte les subcategories relacionades amb la comunitat local en la comparació dels dos escenaris estudiats doncs es veu afectada tant per la producció del dièsel com pel propi conreu, perquè existeixen comunitats locals afectades pel desenvolupament d'una activitat productiva en pràcticament qualsevol ubicació. En els països productors de petroli caldria informació per poder avaluar si té una afectació important sobre la població en funció de la localització de les explotacions petrolieres.

Cal avaluar les subcategories com l'accés als recursos materials per l'afectació en quant a extracció del petroli però també per l'ús de terreny agrícola que canvia de tipus de producció (biocarburant per comptes d'aliment). També l'accés als recursos immaterials, la deslocalització i migració, el patrimoni cultural, el respecte pels drets dels indígenes i les condicions de vida segures com en el cas de grans petrolieres i governs amb control sobre la comunitat local.



Caldrà tenir en compte la seguretat i condicions de vida saludables tant en la producció i transport del petroli on són força evidents els riscos deguts a emissions i vessaments contaminants, que en el cas de l'oli intuïtivament semblen molt menors, tot i que caldria avaluar-les. Pel que fa a la integració a la comunitat es pot tenir en consideració en totes les etapes del procés, ja sigui potenciant la consciència ambiental o creant centres d'ensenyament o de salut a un nivell d'empresa major. Finalment, és força obvi que l'ocupació a nivell local es veurà afectada per tot procés productiu que requereixi mà d'obra (sigui a petita o gran escala).

Es presenta també una subcategoria nova (deslocalització per motius econòmics), que incorpora el moviment de persones degut a uns baixos beneficis (abandonament del camp per exemple), que no estava contemplada en la subcategoria presentada pels fulls metodològics. Aquesta nova categoria es considera perquè aquest aspecte no està contemplat en la subcategoria deslocalització i migració, la qual es refereix a desplaçaments forçosos de la població.

Societat:

En el cas de les subcategories relacionades amb la societat com a part interessada, és interessant considerar-les totes, ja que poden diferenciar molt l'escenari A del B, especialment degut a la indústria petroliera. Aquesta pot tenir molt efecte en compromisos públics en temes de sostenibilitat, desenvolupament econòmic, la prevenció i mitigació dels conflictes armats, el desenvolupament tecnològic i la corrupció.

Com a nova subcategoria es proposa tenir en compte a nivell de societat la seguretat i medi ambient, en referència a impactes i riscos de contaminació que no afecten una comunitat en concret sinó que són impactes globals pel medi ambient. Un exemple en serien els riscos de vessament de petroli per fuites durant el procés d'extracció o transport del cru, que poden produir alts nivells de contaminació marítima, d'aigües subterrànies, etc.

Aquesta subcategoria es veurà molt afectada pels processos de producció i distribució de dièsel, degut a l'extracció (pous petrolífers), el transport (vaixells o conductes petrolífers) i el processat (refineries), a més de l'emmagatzematge i transport per carretera amb el conseqüent perill de vessaments en qualsevol punt del recorregut.

Actors en la cadena de valor:

També s'han de considerar les subcategories relacionades amb els actors en la cadena de valor, és a dir les relacions amb proveïdors i clients, doncs existeix un flux de producte diferent en els escenaris proposats: el dièsel. Es pot identificar un possible efecte en la competència lleial i fins i tot pel que fa a respecte dels drets de propietat intel·lectual, per exemple en quant a patents.

També s'ha de considerar la promoció de la responsabilitat social i les relacions amb els proveïdors no només en la indústria petroliera sinó també en la consideració de l'ús de biocarburants com l'oli vegetal en l'escenari B presentat. Per aquest escenari, la responsabilitat social pot presentar-se en forma de codi de conducta per potenciar l'ús de l'OVC i les relacions amb els proveïdors tenint en compte l'associació de pagesos en una cooperativa.

5.2.3 Indicadors específics per a la fase agrícola del cicle de vida.

Per a desenvolupar nous indicadors per a sistemes agrícoles primer de tot cal seleccionar les subcategories d'impacte que es veuen més afectades per aquests tipus de sistemes.

En el cas de l'estudi comparatiu que es vol fer, les subcategories que es preveuen més significatives es mostren a la **Taula 5-7**. Es distingeixen les que tenen un interès més alt (A) i les que es consideren d'un interès més baix (B).

Es seleccionen les subcategories d'interès més alt (A) de la **Taula 5-7** per aprofundir en com es podrien calcular. En l'**annex A.6** es mostren les taules completes de les subcategories seleccionades amb les dades bàsiques requerides i els indicadors d'impacte desenvolupats en els fulls metodològics [UNEP-SETAC 2009]. Per tant, es proposen i desenvolupen indicadors per mesurar 4 subcategories d'impacte social: salut i seguretat dels treballadors i la comunitat local, deslocalització per motius econòmics i relacions amb els proveïdors.

Amb la concreció d'aquests indicadors particulars (indicadors d'interès alt) en el cas del present estudi comparatiu, quan existeixin bases de dades socials amb dades genèriques ben definides es podrà avaluar el model socialment tal i com s'ha fet en el cas ambiental.



Mentre no hi hagi bases de dades socials desenvolupades, l'ACV-S requerirà molt d'esforç per arribar a uns resultats que en el futur han de poder ser calculats de forma molt més ràpida.

Taula 5-7 Selecció d'11 subcategories d'impacte que poden afectar específicament al model agrícola proposat dins les 5 categories de les parts interessades.

Parts interessades	Subcategories d'impacte en la fase de fabricació del producte (tractor i instal·lacions de premsat)
Treballadors	Hores de treball (B) Salut i seguretat (A)
Consumidors	Transparència (B)
Comunitat local	Accés als recursos materials (B) Deslocalització (motius econòmics) (A) Seguretat i condicions de vida saludables (A) Integració a la comunitat (B) Ocupació a nivell local (B)
Societat	Contribució al desenvolupament econòmic(B)
Actors en la cadena de valor	Promoure la responsabilitat social (B) Relacions amb els proveïdors (A)
En negreta es destaquen les subcategories més susceptibles d'afectar el model.	

Els nous indicadors d'impacte social proposats es mostren en la **Taula 5-8**. La recopilació de les dades en forma d'indicadors d'inventari es fa mitjançant l'entrevista a pagesos i responsables de les cooperatives [Berenguer 2008, Canals 2009, de la Peña 2009, Vidal 2008] i a través de dades recopilades per organismes oficials com l'Idescat.

Els indicadors seleccionats numerats en la **Taula 5-8** s'avaluen un per un a continuació per tal de conèixer com es faria la seva avaluació per als 2 escenaris proposats. S'analitza la seva aplicabilitat en funció del tipus d'indicador i s'avalua la possibilitat d'emprar-los en l'avaluació social. En aquesta discussió es mostra una proposta de càlcul pels indicadors. Amb aquesta fase completada, es podria passar a l'agregació de tots els corresponents a una subcategoria per a calcular-la com es farà en l'**apartat 5.2.4**.

Taula 5-8 Indicadors específics desenvolupats per al model agrícola proposat.

Part interessada: Subcategoria d'impacte	Indicadors d'impacte
Treballadors: Salut i seguretat	1. Existència de risc per manipulació o ús de substàncies perilloses o nocives (SQt/Ql)
Comunitat local: Accés als recursos materials	2. Proporció de terres destinades a alimentació humana que es perd (Qt)
Comunitat local: Deslocalització (motius econòmics)	3. Percentatge d'abandonament de les terres de conreu (Qt)
Comunitat local: Seguretat i condicions de vida saludables	4. Impacte de les emissions generades sobre la densitat de població en l'àrea d'impacte de l'emissió (Qt) 5. Transport per carretera (Ql/SQt)
Actors en la cadena de valors: Relacions amb els proveïdors	6. Nivell de cooperació entre pagesos (Ql/SQt)
Tipus d'indicadors d'impacte: Qt – Quantitatiu; SQt – Semiquantitatiu; Ql – Qualitatiu	

1. Existència de risc per manipulació o ús de substàncies perilloses o nocives

Actualment existeix legislació en matèria de seguretat i salut en relació amb el dièsel que es fa servir en l'escenari A i es té acotada la seva perillositat. A priori, sembla que el risc per manipulació i ús de substàncies perilloses o nocives per la salut dels treballadors quedaria reduït per fer servir oli vegetal, però caldria accedir a les etiquetes de perillositat d'ambdues substàncies per poder definir l'indicador de forma específica. Per exemple, es podrien prendre les fitxes de l'INSHT ("Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo").

Caldria establir un valor d'acord amb al perillositat de les substàncies manipulades: *perillositat nul·la* (valor 0), *baixa* (0,5), *mitjana* (1) i *alta* (1,5).

Per tal de valorar aquest risc per als treballadors, s'hauria de ponderar aquest valor amb les hores durant les quals es manipulen les substàncies perilloses o nocives, tal i com mostra l'**Equació 5-1**.

$$\text{Equació 5-1} \quad I_{\text{risc manip. subst. perilloses}} = \sum_{\text{substància}, i=1}^n \text{Valor perillositat}_{\text{substància}, i} \cdot \text{hores manipulació}_{\text{substància}, i}$$



2. Proporció de terres destinades a alimentació humana que es perd

Aquest és un indicador d'ocupació del sòl. El seu càlcul en tant per u es podria fer a partir de l'àrea de conreu no destinada a l'alimentació i l'àrea total conreable, tal i com mostra l'**Equació 5-2**.

$$\text{Equació 5-2} \quad I_{\text{terres no alimentació}} = \frac{A_{\text{no alimentació}}}{A_{\text{Total conreable}}}$$

La quantificació de l'àrea de conreu total en la zona considerada (Anoia) s'extreu de la base de dades de l'Idescat [Idescat 2010]. La **Taula 5-9** mostra les dades del total i dels conreus herbacis de la zona de l'Anoia, que precisament són els més representatius amb percentatges superiors al 80% en quant a explotacions i superfície. S'exclouen fruiters, oliverar, vinya, prades permanents i altres de les dades de l'Idescat.

Taula 5-9 Distribució de terres llaurades amb dades del nombre d'explotacions i les hectàrees a l'Anoia (aprofitament de la superfície agrícola utilitzada, SAU) [Idescat 2010].

	total	secà			regadiu	
	ha	NE ¹	ha	% ha	NE ¹	ha
Total	29585	1197	29242	98,84%	393	343
Herbacis²	24837	960	24636	99,19%	374	201
% herbacis²	83,95%	80,20%	84,25%		95,17%	58,60%

¹NE: nombre d'explotacions

²herbacis inclou guarets i hortes familiars

Es podrien considerar els conreus herbacis de secà com a dada per aquest indicador, i tindríem una quota del 84,25% respecte la superfície total. Aquest valor serviria per l'escenari A, però pel cas de l'escenari B no es podria tenir en compte. Per això, es pren com a àrea total (A_T) les 29585 ha.

El càlcul de l'indicador es farà en funció de la part de colza que es conrea per a produir OVC (10,3 de cada 100 ha) i la part d'aquesta colza que es converteix en oli (0,285), ja que el tortó resultant estarà destinat a l'alimentació animal. Aquests valors es plantegen en una equació que té com a resultat el percentatge de les terres totals de la zona que es deixen de destinar a alimentació degut al model implantat (**Equació 5-3**).

$$\text{Equació 5-3} \quad I_{\text{terres no alimentació}} = \frac{\frac{10,3}{100} \cdot 0,285 \cdot A_m}{A_T} = 0,03 \cdot \frac{A_m}{A_T}$$

On A_m és l'àrea on s'implanta el model i A_T és l'àrea total de conreu de la zona considerada en ha. El resultat de l'indicador s'expressa en tant per 1.

Com a exemple de càlcul, si prenem l'àrea d'implantació del model com a 500 ha (equivalent aproximadament a una implantació del model sobre la meitat de les terres destinades a ordi de la comarca), el seu resultat seria de 0,0005.

3. Percentatge d'abandonament de les terres de conreu

El percentatge d'abandonament de les terres de conreu és un valor que es pot extreure de la progressió de terres conreades a la zona considerada al llarg dels anys.

En quant al model proposat, per tal de veure'n diferència caldria la seva implantació i avaluació a llarg termini, doncs avaluar l'impacte d'una proposta no és directe ni fiable. Només es pot tenir en compte que la generació de llocs de treball i de riquesa en la comunitat local es veu reforçada per les iniciatives que es prenen, però no es pot valorar de forma directa el resultat que s'obtingria sense aplicar el propi model.

Taula 5-10 Anoia. Sèrie temporal. Distribució de la superfície agrícola utilitzada (SAU).

Dades d'explotacions i hectàrees (dades del cens agrari) [Idescat 2010].

Any	Total ha	Secà		Secà (variació respecte 1982)		Regadiu	
		NE ¹	ha	NE ¹	ha	NE ¹	Ha
1999	30231	1206	29888	58,92%	86,98%	393	343
1989	29707	1622	29399	79,24%	85,56%	772	305
1982	34737	2047	34361			586	380

¹NE: nombre d'explotacions

La **Taula 5-10** mostra l'evolució del nombre d'explotacions i les hectàrees en superfície agrícola utilitzada –Comarca de l'Anoia des de l'any 1982 al 1999–, on es reflecteix la disminució d'aproximadament el 15% en superfície i del 41% en nombre d'explotacions. Aquest fet fa palès que les explotacions són més grans en mitjana tot i haver reduït l'extensió de conreu.



Tot i això, aquestes dades i el tipus d'indicador no permeten establir com afectaria el model, per tant, caldrà descartar l'avaluació d'aquest indicador de forma directa, doncs és un efecte indirecte de l'aplicació del model proposat i caldrà estudiar-lo a posteriori.

El càlcul d'aquest indicador durant la implantació del model, per tal de fer un seguiment de l'evolució de la comunitat local, es podria fer tal com mostren l'**Equació 5-4** (per superfícies agrícoles on s'aplica el model proposat) i l'**Equació 5-5** (per superfícies agrícoles on no s'aplica el model).

$$\text{Equació 5-4} \quad A_{\text{model}} = \frac{\text{ha conreades aplicant el model}_{\text{any } n}}{\text{ha conreades aplicant el model}_{\text{any } n-1}}$$

$$\text{Equació 5-5} \quad A_{\text{no model}} = \frac{\text{ha conreades on no s'aplica el model}_{\text{any } n}}{\text{ha conreades on no s'aplica el model}_{\text{any } n-1}}$$

Tenint en compte aquestes dues equacions es pot plantejar el càlcul de l'indicador com es mostra en l'**Equació 5-6**.

$$\text{Equació 5-6} \quad I_{\text{abandonament terres conreu}} = A_{\text{model}} - A_{\text{no model}}$$

El resultat d'aquest indicador serà negatiu si el model tendeix a fer abandonar terres i positiu si el model potencia que no s'abandonin les terres de conreu.

4. Impacte de les emissions generades sobre la densitat de població en l'àrea d'impacte de l'emissió

Aquest indicador seria una mesura de la quantitat de gent que es veu afectada per unes emissions locals. Com més gent afectada més alt l'indicador. Aquest indicador es podria calcular seguint l'**Equació 5-7**.

$$\text{Equació 5-7} \quad I_{\text{emissions sobre població}} = \text{Indicador ambiental} \cdot \text{densitat de població}$$

És interessant aplicar aquest indicador a cada una de les etapes del procés (camp, procés, carburant utilitzat) en funció de la seva localització, de manera que dóna una idea de l'efecte sobre la població dels impactes ambientals. Aquest indicador és de caire totalment genèric, i es pot aplicar en qualsevol tipus de procés del que es disposin indicadors ambientals calculats.

5. Transport per carretera

Per poder valorar-ho, cal tenir en compte el transport del dièsel des de que s'extreu el cru fins que s'arriba als centres de distribució locals. Caldria quantificar les necessitats de combustible de la zona i cercar dades sobre el transport de carburant en totes les seves etapes. D'aquesta manera s'avaluarien el nombre de quilòmetres recorreguts per a usar un combustible. El càlcul de l'indicador es mostra a l'**Equació 5-8**.

$$\text{Equació 5-8} \quad I_{\text{transport per carretera}} = \frac{\text{Quantitat a moure}}{\text{Capacitat camió}} \cdot \text{Distància a recórrer}$$

Aquesta equació es pot reescriure de forma simplificada com l'**Equació 5-9**.

$$\text{Equació 5-9} \quad I_{\text{transport per carretera}} = \text{nombre}_{\text{camions}} \cdot \text{Distància}$$

L'ocupació de la via pública per part de camions cisterna per al transport del dièsel en l'escenari A es pot comparar amb el transport de l'OVC fins als pagesos en l'escenari B. El transport a curta distància des dels centres de distribució fins al consumidor de combustible (l'agricultor) es fa per omplir els dipòsits que té aquest. Així doncs, el transport a curta distància es mantindria i fins i tot s'incrementaria (tortó), però desapareixeria bona part del transport a mitjana i llarga distància (dièsel).

6. Nivell de cooperació entre pagesos

Aquest indicador tindria en compte les relacions que s'estableixen amb els proveïdors, considerant els pagesos com a participants de la cooperativa que proporcionarà la maquinària per al premsat de les llavors de colza i filtrat de l'oli per usar-lo com a OVC.

En el cas de l'escenari A no es potencia l'entesa entre pagesos. Pel que fa a l'escenari B, és necessària aquesta entesa i per tant una major cohesió social perquè pugui funcionar el sistema. Aquesta col·laboració fa possible l'accés a unes instal·lacions amb una tecnologia a la que no es podria accedir si es tractés de pagesos independents.

Per tal de quantificar-lo, s'ha de tenir en compte el tipus de cooperació entre pagesos i donar-li una ponderació. Es considera doncs una cooperació *nul·la* (valor 0), *comercial* (0,5), *productiva* (1) i *comercial i productiva* (1,5). S'entén per col·laboració *comercial* per aquella en què els pagesos cooperen per comprar matèries primeres de forma conjunta,



i per col·laboració *productiva* aquella en què es comparteixen instal·lacions per a processar els productes agrícoles obtinguts. L'indicador es calcularà en funció d'aquesta cooperació i la superfície de les explotacions participants respecte el total (**Equació 5-10**).

$$\text{Equació 5-10 } I_{\text{cooperació pagesos}} = \frac{\sum_j P_j \cdot A_{\text{cooperant } j}}{A_T}$$

On P_j és la ponderació de la cooperació j , $A_{\text{cooperant } j}$ és l'àrea (ha) de l'explotació amb cooperació j i A_T és l'àrea total de les explotacions de la zona considerada.

5.2.4 Caracterització de la subcategoria “sou just”

L'avaluació d'una subcategoria d'impacte a partir de l'agregació dels seus indicadors en el marc de l'estudi proposat requereix primer de tot de la selecció dels indicadors d'inventari que permetin quantificar la subcategoria.

Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, no existeixen encara fórmules definides per a calcular cada indicador i menys encara mètodes per agregar aquests indicadors en una subcategoria d'impacte social, per tant s'han de desenvolupar. En aquest apartat es fa una proposta de com es podrien desenvolupar aquests càlculs agafant com a exemple la subcategoria d'impacte “sou just” de la part interessada “treballadors”.

Primer de tot doncs, cal seleccionar els indicadors a prendre en consideració, que es mostren en la **Taula 5-11** referents a la subcategoria sou just, extrets en la seva majoria dels fulls metodològics. Aquesta subcategoria es pot definir com el mínim sou exigít per llei, el sou mig de la indústria o el mínim sou per viure. Aquesta última definició també es pot entendre com a “sou adequat” o un “sou digne” (**annex A.5**).

Tal i com es fa en les empreses, es pot desenvolupar un model d'indicadors multicriteri ponderats per a la caracterització de categories d'impacte social [**Dreyer et al. 2003**]. Aquesta metodologia condueix a l'elaboració de taules que estableixen uns criteris de ponderació que es poden usar en diversos indicadors alhora o bé crear taules independents per a cada indicador, però amb uns rangs de ponderació comuns.

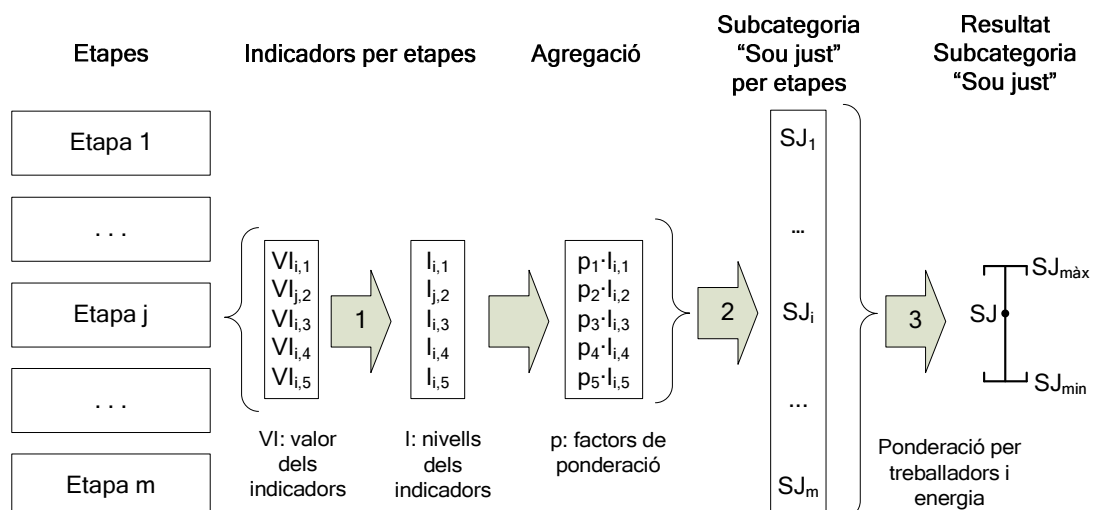
Taula 5-11 Indicadors per a la subcategoria “sou just” dels “treballadors” com a part interessada.

Subcategories d'impacte	Dades bàsiques requerides	Indicadors d'impacte
Sou just (A)	Salari pagat als treballadors a cada graó de la cadena de muntatge (Qt)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Genèric</u>: Mínim sou per viure en els EEUU per estat, comtat i comunitat (Qt) • <u>Genèric</u>: Mínim sou per país (Qt) • <u>Genèric</u>: Salari de no pobresa (Qt) • Comparació del salari més baix pagat amb el sou mínim (Qt/SQt) • Comparació del sou mínim del país amb el salari de no pobresa (Qt/SQt) (P) • Els treballadors amb sou més baix consideren que el seu sou cobreix les seves necessitats (Ql/SQt) • Presència de deduccions sospitoses en els sous (Ql/SQt) • Pagament regular i documentat dels treballadors (setmanalment, ...) (Ql/SQt)

Tipus d'indicadors d'impacte:

Qt – Quantitatiu; SQt – Semiquantitatiu; Ql – Qualitatiu; P – Personalitzat per al model

Si volem avaluar aquesta categoria, es calcularà el valor SJ (valor de l'indicador) i també els valors màxim i mínim de l'indicador, tal i com es mostra a la **Figura 5-9**. A la figura es representen els passos a seguir per obtenir aquests valors a partir dels indicadors usats sobre cada etapa, els factors d'ajust i els de ponderació.



1: Taula 5-14, Taula 5-15 i Taula 5-16
2: Equació 5-12
3: Equació 5-11

Figura 5-9 Esquema de l'avaluació de la categoria “sou just”.



Per tal d'agregar els valors obtinguts de la subcategoria de cada etapa del procés considerat i obtenir un valor de subcategoria d'impacte de tot el sistema, es proposa ponderar-la en funció de la quantitat de treballadors que participen en cada etapa i de l'increment d'energia de l'etapa (energia de sortida menys energia d'entrada). Aquest plantejament permet l'aplicació d'aquest indicador en tot tipus d'etapes, i per tant és de caire generalista. Això ens permetrà comparar els valors obtinguts de la subcategoria entre escenaris o entre diferents models prenent com a base el nombre de treballadors i l'energia. Per a realitzar aquesta agregació, es proposa l'**Equació 5-11**.

$$\text{Equació 5-11 } SJ = \frac{\sum_{j=1}^m SJ_{\text{etapa } j} \cdot NT_{\text{etapa } j} \cdot \Delta E_{\text{etapa } j}}{\sum_{j=1}^m NT_{\text{etapa } j} \cdot \Delta E_{\text{etapa } j}}$$

on $SJ_{\text{etapa } j}$ és l'impacte de la subcategoria sou just per l'etapa j , $NT_{\text{etapa } j}$ és el nombre de treballadors de l'etapa j , $\Delta E_{\text{etapa } j}$ és l'increment d'energia de l'etapa j i m és el nombre d'etapes del sistema.

Cal definir els indicadors i establir la seva ponderació per al càlcul de la subcategoria d'impacte a partir dels valors obtinguts en avaluar-los. D'aquesta manera, una vegada calculat el valor per a cada indicador i establerta la ponderació es podrà calcular l'impacte de la subcategoria “sou just” (SJ_j) per a una etapa j del procés de forma adimensional com mostra l'**Equació 5-12**.

$$\text{Equació 5-12 } SJ_j = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{i,j}}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

on p_i és la ponderació per a l'indicador i , I_i és el nivell de l'indicador i en l'etapa j i n és el nombre d'indicadors considerats en la subcategoria ($n=5$ en aquest treball).

La **Taula 5-12** recull els factors de ponderació (p_i) proposats per a la subcategoria d'impacte “sou just”. Aquesta és l'agregació proposada per obtenir una subcategoria d'impacte, però cal tenir present que cal un consens global per tal que una ponderació com aquesta pugui ser acceptada internacionalment. S'han descartat els indicadors genèrics com a indicadors per a la ponderació degut a que són indicadors socials a nivell de país

(mínim sou per país i salari de no pobresa) i no a nivell de treballadors d'un procés en concret.

Tot i això, tal i com es veu a la **Taula 5-11**, s'ha creat un nou indicador que relaciona el sou mínim del país amb el salari de no pobresa per tal de tenir en consideració els indicadors genèrics del país dins el procés que es considera, prenent-los com a referència de l'entorn en el que treballen els treballadors, que són la part interessada en aquesta avaluació. També es mostra en la **Taula 5-12** el tipus d'indicadors que es consideren, essent tots quantitatius i semiquantitatius, per tal de poder realitzar els càlculs d'agregació.

El "salari de no pobresa" és un concepte força ambigu, i caldrà trobar-lo accedint a bases de dades d'organitzacions per a la defensa dels drets dels treballadors, com per exemple **SweatFree [2008]**.

Taula 5-12 Indicadors d'impacte seleccionats i factors de ponderació per la subcategoria d'impacte "sou just".

Indicadors d'impacte	Factors de ponderació (p_i)
1. Comparació del salari més baix pagat amb el sou mínim (Qt)	p_1 . Exemple: 30
2. Comparació del sou mínim del país amb el salari de no pobresa (Qt) (P)	p_2 . Exemple: 15
3. Els treballadors amb sou més baix consideren que el seu sou cobreix les seves necessitats (SQt)	p_3 . Exemple: 15
4. Presència de deduccions sospitoses en els sous (SQt)	p_4 . Exemple: 20
5. Pagament regular i documentat dels treballadors (setmanalment, ...) (SQt)	p_5 . Exemple: 20
Tipus: Qt – Quantitatiu; SQt – Semiquantitatiu; P – Personalitzat	

Per tal d'avaluar els indicadors, cal tenir en compte un criteri únic per a la valoració de cada un d'ells, doncs sinó la ponderació presentada en la **Taula 5-12** perdria la seva significança. Es proposa un escalat entre 0 i 1 per veure l'afectació de cada indicador, essent 0 una afectació inexistente i 1 una afectació molt elevada. Aquest escalat amb els valors intermedis es mostra a la **Taula 5-13**. Cal destacar que no és un escalat uniforme, sinó que es dona un valor cada cop més elevat a mida que la gravetat de l'afectació és major.



Taula 5-13 Escalat per valorar el nivell d'afectació en els indicadors de la subcategoria "sou just".

Classe d'afectació	Gravetat de l'afectació	Indicador ($I_{i,j}$)
1	Molt elevada	1,0
2	Mitjana	0,7
3	Baixa	0,3
4	Molt baixa	0,1
5	Inexistent	0

Abans de valorar els indicadors escollits, s'han d'obtenir dades dels indicadors genèrics. El "mínim sou per país" s'estableix com a sou mínim interprofessional en el país on es realitza l'etapa considerada. Pel cas especial del transport, el sou de referència serà el del país on està establerta l'empresa de transport.

A continuació es valoren cada un dels indicadors a tenir en compte per al càlcul de la subcategoria "sou just".

1. Comparació del salari més baix pagat amb el sou mínim

Aquest indicador el prendrem com a quantitatiu i es calcularà el valor de l'indicador ($VI_{I,j}$) dividint el salari més baix que es paga en l'etapa que s'avalua pel sou mínim del país (**Equació 5-13**).

$$\text{Equació 5-13 } VI_{I,j} = \frac{\text{Sou més baix pagat}_{\text{etapa } j}}{\text{Sou mínim}_{\text{etapa } j}}$$

El resultat d'aquesta divisió pot ser major o menor a 1 en funció de si el salari mínim pagat és major o menor al salari mínim pel país, i s'estableix la classe d'afectació en funció del resultat segons la **Taula 5-14**.

Taula 5-14 Valoració dels indicadors resultants d'una divisió de sous (indicadors 1 i 2)

Classificació de l'afectació en l'indicador				Valor assignat
Classe d'afectació	Significat de l'indicador	Valor de l'indicador ($VI_{I02,j}$)	Gravetat de l'afectació	Factor d'ajust ($I_{I02,j}$)
1	Sou molt baix	$0,7 > \text{Valor} > 0$	Molt elevada	1,0
2	Sou baix	$1 > \text{Valor} > 0,7$	Mitja	0,7
3	Sou normal	$1,5 > \text{Valor} > 1$	Baixa	0,3
4	Bon sou	$3 > \text{Valor} > 1,5$	Molt baixa	0,1
5	Molt bon sou	$\text{Valor} > 3$	Inexistent	0

2. Comparació del sou mínim del país amb el salari de no pobresa (Qt) (P)

En aquest cas, l'indicador és també quantitatiu i té una forma equivalent al primer presentat. El sou mínim del país serà el mateix que en l'indicador 1 i el salari de no pobresa serà una altra dada obtinguda de bases de dades d'organitzacions per la defensa dels drets dels treballadors. El resultat de dividir-los, donarà una idea de com és el sou mínim fixat pel país en relació al que es considera per part d'organismes independents.

$$\text{Equació 5-14 } VI_{2,j} = \frac{\text{Sou mínim}_{\text{etapa } j}}{\text{Sou no pobresa}_{\text{etapa } j}}$$

De la mateixa manera que en l'indicador 1, s'estableix la classe d'afectació en funció del resultat ($VI_{2,j}$) calculat segons l'**Equació 5-14** entrant en la **Taula 5-14**.

3. Els treballadors amb sou més baix consideren que el seu sou cobreix les seves necessitats

Es calcularà $VI_{3,j}$ en tant per u segons l'**Equació 5-15**.

$$\text{Equació 5-15 } VI_{3,j} = \frac{\text{Treballadors que consideren cobertes les necessitats}_{\text{etapa } j}}{\text{Treballadors totals}_{\text{etapa } j}}$$

Per aquest indicador es tindrà en compte la **Taula 5-15**, que presenta la classificació de l'afectació en funció del nombre de treballadors que consideren que el sou cobreix les seves necessitats respecte el nombre de treballadors totals de l'etapa que s'està avaluant.

Taula 5-15 Valoració de l'indicador 3 de la subcategoria "sou just"			
Classificació de l'afectació en l'indicador			Valor assignat
Classe d'afectació	Valor de l'indicador ($VI_{3,j}$)	Gravetat de l'afectació	Factor d'ajust ($I_{3,j}$)
1	$0,1 > \text{Valor}$	Molt elevada	1,0
2	$0,3 > \text{Valor} > 0,1$	Mitja	0,7
3	$0,5 > \text{Valor} > 0,3$	Baixa	0,3
4	$0,7 > \text{Valor} > 0,5$	Molt baixa	0,1
5	$1 > \text{Valor} > 0,7$	Inexistent	0

¹Es defineix entorn proper com la mateixa regió o ciutat on l'organització està situada.



4. Presència de deduccions sospitoses en els sous

La presència de deduccions sospitoses es tindrà en compte d'una forma semiquantitativa. La part quantitativa serà el nombre de nòmines amb deduccions sospitoses entre el nombre total de nòmines en l'etapa considerada ($VI_{4,j}$ en tant per u) com es mostra en l'**Equació 5-16**.

$$\text{Equació 5-16 } VI_{4,j} = \frac{\text{Nombre de nòmines amb deduccions sospitoses}_{\text{etapa } j}}{\text{Nombre nòmines totals}_{\text{etapa } j}}$$

La vessant semiquantitativa és la reiteració d'aquesta pràctica en les empreses involucrades en l'etapa considerada. La valoració es proposa en la **Taula 5-16**, prenent com a resultat el factor d'ajust més elevat.

Taula 5-16 Valoració dels indicadors semiquantitatius de la subcategoria "sou just" (ús per als indicadors 3, 4 i 5)

Classificació de l'afectació en l'indicador				Valor assignat
Classe d'afectació	Reiteració	Valor de l'indicador ($VI_{4o5,j}$)	Gravetat de l'afectació	Factor d'ajust ($I_{4o5,j}$)
1	Últims 3 mesos	$1 > \text{Valor} > 0,7$	Molt elevada	1,0
	Últim 6 mesos	$0,7 > \text{Valor} > 0,5$		
	Últim any	$0,5 > \text{Valor} > 0,3$		
2	Últim mes	$1 > \text{Valor} > 0,7$	Mitja	0,7
	Últims 3 mesos	$0,7 > \text{Valor} > 0,5$		
	Últim 6 mesos	$0,5 > \text{Valor} > 0,3$		
3	Últim mes	$0,7 > \text{Valor} > 0,5$	Baixa	0,3
	Últims 3 mesos	$0,5 > \text{Valor} > 0,3$		
	Últim 6 mesos	$0,3 > \text{Valor} > 0,1$		
4	Últim mes	$0,5 > \text{Valor} > 0,3$	Molt baixa	0,1
	Últims 3 mesos	$0,3 > \text{Valor} > 0,1$		
	Últim 6 mesos	$0,1 > \text{Valor}$		
5	Últim any	$0,1 > \text{Valor}$	Inexistent	0

¹Es defineix entorn proper com la mateixa regió o ciutat on l'organització està situada.

5. Pagament regular i documentat dels treballadors (setmanalment, ...)

La presència d'uns pagaments regulars i documentats es tindrà en compte d'una forma semiquantitativa, igual que en l'indicador 4. La part quantitativa serà el nombre de total de

nòmnes emeses de forma regular dividit pel nombre tota de nòmnes en l'etapa considerada ($VI_{5,j}$ en tant per u) com es mostra en l'**Equació 5-17**.

$$\text{Equació 5-17 } VI_{5,j} = \frac{\text{Nombre de nòmnes regulars i documentades}_{\text{etapa } j}}{\text{Nombre nòmnes totals}_{\text{etapa } j}}$$

El terme que fa semiquantitatiu aquest indicador és la reiteració d'aquest valor en l'etapa considerada en funció del temps. La valoració es proposa en la **Taula 5-16**, prenent com a resultat el factor d'ajust més elevat.

Totes les dades per al càlcul d'aquests indicadors són dades fàcilment accessibles per una empresa en concret, però es fa molt difícil recopilar la informació sobre un sector sencer i sobretot si aquest està localitzat en ubicacions tan diverses com és la producció del dièsel. És per aquest motiu que fan falta unes bases de dades socials desenvolupades a nivell global. Per tal d'obtenir aquesta informació caldria recopilar dades de caire social d'un nombre significatiu d'empreses del sector i de les diferents ubicacions on es realitzen les activitats d'extracció, refinat, emmagatzematge i transport. Abans però, s'han de proposar una metodologia consensuada la manera de calcular les subcategories d'impacte i els indicadors dins d'elles per tal que la recopilació de dades sigui el més uniforme possible.

5.2.5 Conclusions de l'ACV-S

En aquest apartat de la tesi s'ha seguit la metodologia de l'anàlisi de cicle de vida per a plantejar l'avaluació social del model proposat. Degut a l'estadi encara inicial de la metodologia de l'ACV-S s'han presentat els escenaris a comparar, s'han identificat les subcategories d'impacte més significatives en aquesta comparació, les quals han estat definides amb més detall. Per arribar a aquest detall, s'han tingut en compte els indicadors d'inventari proposats pels fulls metodològics i s'han desenvolupat sis nous indicadors específics orientats al model agrícola proposat. Aquests nous indicadors s'han descrit i s'ha presentat una proposta de càlcul, que es duu a terme per un d'ells, concretament la proporció de terres destinades a alimentació humana que es perd per la implantació del model.

Finalment, s'ha planificat la caracterització d'una subcategoria d'impacte (sou just) a partir del càlcul i agregació del sou just de cada etapa del cicle de vida estudiat. El càlcul



de la subcategoria “sou just” proposat està pensat per al seu ús en el present estudi i també en d’altres avaluacions socials, ja que es pondera el sou just de cada etapa pel nombre de treballadors i l’increment d’energia d’aquella etapa i es proposa donar el resultat ponderat i, a més, el valor màxim i el mínim de totes les etapes.

En la identificació de subcategories d’impacte, s’han proposat un parell de noves subcategories i s’han modificat i generat nous indicadors adequats per a calcular-les. Aquesta generació de noves subcategories d’impacte i nous indicadors d’inventari es fa necessària perquè la Guia Metodològica que s’ha publicat al 2010 no té en compte específicament les explotacions agrícoles com a organització o empresa de la que es puguin considerar els impactes socials.

Es fa palès també que no només és l’estat de la metodologia actual que no permet arribar a resultats finals de categories d’impacte social, sinó que la no existència de bases de dades d’indicadors socials, afecta considerablement.

És clar per tant, que en l’estat actual de desenvolupament de la metodologia de l’ACV-S, no es pot arribar a resultats concrets d’impacte social, objectius i internacionalment reconeguts. I menys, per estudis on la comparació es fa entre l’escenari actual i un escenari proposat del qual encara no existeixen explotacions agrícoles reals. Cal, per tant, anar treballant en casos pràctics i a partir d’ells anar elaborant una metodologia rigorosa, transparent i reproducible que permeti tenir informació d’impactes socials per a la presa de decisions.

CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS, APORTACIONS I TREBALL DE FUTUR

En aquest capítol es presenten les conclusions a què s'ha arribat durant el desenvolupament de la tesi, les principals aportacions científiques de la tesi i les publicacions realitzades durant el seu desenvolupament.

Finalment es planteja el treball futur a desenvolupar a partir de les conclusions i les aportacions de la present tesi.

6.1 Conclusions

Desenvolupament del model agrícola

A partir de la recerca bibliogràfica i de recopilació d'informació realitzada, s'ha proposat un model per a la introducció de la colza en la rotació de conreus en àrees mediterrànies de secà que consisteix en una rotació de tres cultius (colza, blat i ordi) on el 20% del terreny és destinat a colza, un altre 20% a blat i el 60% restant a ordi.

El model proposat permet l'autoabastament de combustible utilitzant només el 10,3% de la superfície agrícola i l'ús dels coproductes del conreu i del premsat d'aquesta colza a nivell local. Cal remarcar que l'OVC produït no pretén ser un substitut del gasoil per al transport, sinó un complement que doni més autosuficiència i flexibilitat als agricultors.



Anàlisi de cicle de vida ambiental

S'ha realitzat l'ACV-A del model agrícola proposat avaluant 10 impactes ambientals seguint la metodologia del CML, a més de dos indicadors ambientals més que són l'ocupació del sòl i el rati del consum d'energia (REC), definit en aquesta tesi per similitud a l'EROI ("Energy Return On Investment"), utilitzat per avaluar l'energia en processos d'obtenció de biocombustibles i tecnologies de producció d'energia.

La unitat funcional utilitzada per a fer la comparació entre el model proposat i el model actual és 10^9 kcal d'energia obtinguda dels productes del camp, ja que en aquest cas té un major sentit utilitzar una unitat funcional de producció energètica que no utilitzar la superfície conreada per a fer la comparació.

Els resultats mostren que la introducció de la colza en la rotació clàssica i que el seu ús per produir oli vegetal per a l'autoabastament de combustible disminueix lleugerament la major part dels impactes ambientals considerats, tot i no ser una millora ambiental molt destacable. L'indicador més favorable per a l'ús de l'OVC és el rati d'energia en el conreu, essent un 21,6% superior a l'escenari equivalent que usa dièsel. En quant a indicadors del CML, els indicadors més favorables a l'OVC respecte l'escenari base (conreu actual) tenen uns impactes entre un 17,6 i un 21,2% menors (PEAD, PET i PERA), mentre que els indicadors més desfavorables tenen un impacte entre un 8,5% i un 11,9% majors que l'escenari base (PEAM, PAO i PCOT). La resta d'indicadors del CML són molt propers a l'escenari base. D'altra banda, l'ocupació del sòl s'incrementa en només un 1,7%, que pot ser reduït si incrementa el rendiment del conreu de la colza.

Anàlisi de cicle de vida econòmic

En l'avaluació econòmica comparativa de 6 escenaris agrícoles possibles sobre el model proposat es detecta que l'ús d'oli vegetal com a combustible en l'agricultura pot ajudar a evitar la variació del preu del combustible de cara a l'agricultor.

La comparació dels resultats econòmics obtinguts mostra que l'escenari on s'incorpora la colza en la rotació i s'usa dièsel com a combustible obté un 8,0% més de benefici que el mateix escenari usant OVC com a biocarburant. Dels escenaris considerats, aquests dos són els que proporcionen un benefici més alt.

Mitjançant diversos anàlisis de sensibilitat i variació de paràmetres, s'ha detectat que la situació de subvenció al dièsel agrícola no permet un major rendiment econòmic del model proposat en el territori espanyol. Tot i així, considerant que el dièsel no fos subvencionat, l'ús d'OVC com a combustible dóna a l'agricultor al voltant d'un 3,7% menys de benefici que si ven al mercat tota la llavor de colza produïda i utilitza dièsel com a combustible.

Les condicions que possibilitarien un rendiment econòmic del model major a l'escenari usant dièsel serien: un preu del dièsel més elevat (75,5% major a la mitja del 2010), que l'impost genèric del dièsel s'apliqués també al dièsel agrícola i fos un 85% més elevat que l'actual o bé que es subvencionés en un valor equivalent l'ús de biocombustible. Aquestes mesures però, requeririen de canvis importants en les polítiques ambientals.

El principal avantatge del model agrícola proposat és evitar l'ús de dièsel i el seu canvi per un combustible alternatiu de producció pròpia. Un altre avantatge és la possibilitat d'utilitzar dièsel o oli vegetal com a combustible i el processat de la llavor de colza o la venda de la mateixa segons els preus de mercat de la llavor de colza i del dièsel, cosa que proporciona capacitat de decisió en funció dels preus del mercat i per tant, flexibilitat per als agricultors.

Anàlisi de cicle de vida social

En el context de desenvolupament actual de la metodologia de l'ACV-S, s'ha plantejat com s'hauria de fer l'anàlisi per al cas estudiat i s'ha mostrat l'aplicabilitat de la metodologia.

La metodologia per a l'avaluació social encara no està suficientment desenvolupada per fer una ACV-S completa i donar resultats quantificats. Tot i això, s'han definit sis nous indicadors específics orientats al model agrícola proposat, se n'ha calculat un d'ells (la proporció de terres destinades a alimentació humana que es perd en implantar el model) i s'ha planificat la caracterització de la subcategoria d'impacte "sou just".



6.2 Aportacions i publicacions realitzades

Aportacions

En aquesta tesi s'han fet aportacions en quant a treball experimental, es proposa un model agrícola d'autoabastament de combustible que s'avalua ambientalment i econòmica (ACV-A i ACV-E) i es fa una aportació al desenvolupament metodològic de l'ACV-S.

Pel que fa al treball experimental, s'han determinat les condicions de treball reals d'una premsa i el procediment de processat més adient per a complir els condicionant de la normativa vigent respecte a l'ús d'oli vegetal cru com a combustible. Durant l'estudi experimental s'ha identificat la temperatura de sortida de l'oli com a responsable principal de l'increment d'acidesa de l'oli en el premsat de la llavor de colza. També s'ha demostrat que el decantat de l'oli premsat és l'etapa fonamental per reduir el seu contingut en fòsfor. A més, s'ha demostrat també que el filtrat amb un filtre de 20-25 μm seguit del desgomat amb aigua asseguren un contingut mínim en fòsfor, de la forma més eficient i sense requerir productes químics.

S'han dut a terme una ACV-A i una ACV-E de forma completa, contribuint a augmentar el coneixement de la comunitat científica amb un cas més d'estudi i amb unes dades d'inventari i de coneixement dels processos agrícoles que no existia fins ara. La recopilació de dades entre d'altres recull l'evolució del rendiment de diversos conreus en funció de la seva rotació amb la colza i la pluviometria local. Al mateix temps s'ha donat informació a l'administració pública catalana i a Unió de Pagesos per a prendre decisions.

En referència al desenvolupament metodològic de l'ACV-S, es contribueix proposant dues subcategories d'impacte noves. Una és la *deslocalització per motius econòmics*, que cobreix un aspecte que no està contemplat en la subcategoria *deslocalització i migració*, incorporant el moviment de persones degut a una reducció en els ingressos econòmics. L'altra és *seguretat i medi ambient* a nivell de societat, en referència a la contribució de certs processos a generar riscos, accidents i contaminació a nivell mundial, que no afecta una comunitat en concret i que poden ser impactes importants pel medi ambient i que fins ara no s'avaluaven dins l'ACV-A ni dins l'ACV-S.

També en l'apartat d'ACV-S, s'han proposat nous indicadors socials orientats a les explotacions agrícoles, unint a la seva descripció una proposta per al seu càlcul. Finalment

s'ha desenvolupat un possible procediment per al càlcul de la subcategoria d'impacte *sou just*, amb el càlcul dels indicadors corresponents i l'agregació dels mateixos de forma ponderada.

Publicacions realitzades

Durant la realització de la tesi s'han dut a terme una sèrie de publicacions, col·laboracions i participació en treballs relacionats amb la pròpia tesi i la metodologia de l'anàlisi del cicle de vida que es detallen a continuació.

Els articles en revistes científiques indexades ja acceptats es mostren en la versió en paper de la present tesi en l'**annex A.7**.

Articles en revistes científiques indexades

- **Grau, B. et al.**, "Small-scale production of straight vegetable oil from rapeseed and its use as biofuel in the Spanish territory." *Energy Policy* 38(1): 189-196, 2010.
- **Baquero, G. et al.**, "An evaluation of the Life Cycle Cost of rapeseed oil as a straight vegetable oil fuel to replace petroleum diesel in agriculture." Acceptat el maig de 2011 i en procés de publicació a la revista *Biomass and Bioenergy*.
- **Baquero, G. et al.**, "Environmental life cycle assessment of rapeseed straight vegetable oil as self-supply agricultural biofuel." Sotmès a la revista *Renewable Energy* el març de 2011.

Capítols de llibres i participació en congressos

- **Fullana P. et al.**, participació en congrés: "Using Life Cycle Thinking and Assessment for industrial waste management policy making." 4th International Conference on Life Cycle Management (LCM 2009), Cape Town (Sud-àfrica). 21-24 de juny de 2009.
- **Baquero G. et al.**, capítol de llibre: "Use of rapeseed straight vegetable oil as fuel produced in small-scale exploitations." *Biofuel / Book 4* (ISBN 978-953-307-480-1). Ed. In-Tech. Acceptat i en 2a revisió a maig de 2011.



- **Baquero G. et al.**, participació en congrés: “Sustainability Assessment of Straight Vegetable Oil Used as Self-Supply Biofuel in Agriculture.” Session Reference: VP5.2.15. 9th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin (Alemanya), 6-10 de juny de 2011.

Comunicacions, presentacions tècniques i altres publicacions

- **Rius, A. i Baquero, G.**, “Reportatge televisiu sobre el funcionament del vehicle ambOLI amb oli de colza.” Einstein a la Platja, 14-06-2008, accessible a <http://www.btv.cat/alacarta/player.php?idProgVSD=1778>. Barcelona Televisió, 2008.
- **Baquero, G.**, Jornada tècnica: Alternatives al combustible per a tractors agrícoles; autoconsum d'olis vegetals, IRTA (Mas de Bover, Constantí, Tarragona). Presentació: “Estudi econòmic de la producció i ús d'oli vegetal per autoconsum agrícola.” 16 de desembre de 2009.
- **Esteban, B. et al.**, Fitxa tècnica 08: “Utilització de l'oli de colza com a biocarburant en explotacions agrícoles.” Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural, Generalitat de Catalunya. Gener 2010. Accessible a: http://www.ruralcat.net/web/guest/gecnews.module.ruralcat/-/journal_content/56_INSTANCE_8hUE/10136/1792088
- **Baquero, G. et al.**, Fitxa tècnica 09: “Estudi econòmic de l'oli de colza com a biocarburant en explotacions agrícoles.” Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural, Generalitat de Catalunya. Febrer 2010. Accessible a: http://www.ruralcat.net/web/guest/gecnews.module.ruralcat/-/journal_content/56_INSTANCE_8hUE/10136/1798383
- **Baquero, G. et al.**, VII Jornada de reflexió ambiental: Biocombustibles, tipus i aplicacions, Servei Comarcal de Medi Ambient (Seu del Consell Comarcal de l'Alt Camp). Presentació: “Estudi econòmic de l'oli de colza com a biocarburant en explotacions agràries.” 4 de juny de 2010.

Col·laboracions en metodologia d'Anàlisi de Cicle de Vida

- Participació en el Programa de Gestió de Residus Industrials de Catalunya 2007-2012 (**PROGRIC**) en el desenvolupament de metodologia aplicada a l'ACV a través d'un conveni de col·laboració amb la UPF (GiGa-ESCI).
- **Fullana i Palmer, P. et al.** "From LCA to LCM: a case study on Industrial Waste Management Policy Making". Acceptat i publicat on-line per la revista Journal of Industrial Ecology, 2011.
- Participació en projecte Europeu FENIX 2010-2012, Finding regional environmental life cycle information on packaging waste management thorough flexible software tools and databases. En col·laboració amb la UPF (GiGa-ESCI).
- **Kiliç, E., et al.** "Environmental optimization of chromium recovery from tannery sludge using a life cycle assessment approach". Acceptat el març de 2011 i en procés de publicació a la revista Journal of Hazardous Materials.

6.3 Treball futur

Com a continuació dels treballs portats a terme en aquesta tesi, i tenint en compte les conclusions a les que s'ha arribat i les aportacions realitzades, a continuació es presenten les recomanacions proposades com a treball futur:

- Usar el model creat en GaBi per avaluar altres conreus i rotacions. Per exemple, realitzar un estudi sobre el conreu ecològic (sense fertilitzants ni productes fitosanitaris artificials) i determinar la seva rendibilitat econòmica (ACV-E) i quin marge de benefici ambiental proporciona comparant-lo ponderant per l'energia generada tal i com s'ha fet en l'ACV-A de la present tesi.
- Ampliar l'anàlisi ambiental mitjançant l'avaluació del mateix model amb diferents unitats funcionals, realitzant una anàlisi de Montecarlo (anàlisi estadístic) i també aprofitar la parametrització del model per provar-ne la validesa en altres regions i sota altres condicionants de producció i consums.
- Estudiar la possibilitat d'ajustar els motors on s'ha d'utilitzar l'OVC per acotar més les seves emissions contaminants.



- Participar en el desenvolupament de la metodologia de l'ACV-S i dur a terme l'avaluació social del model proposat.
- Usar els resultats de les anàlisis ambiental, econòmica i social per a completar l'avaluació de sostenibilitat del model (duent a terme l'ACV-Sost).

BIBLIOGRAFIA

- **Abbasi, T. i Abbasi, S. A.**, "Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization." *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 14(3): 919-937, 2010.
- **Agarwal, D., Kumar, L., et al.**, "Performance evaluation of a vegetable oil fuelled compression ignition engine." *Renewable Energy* 33(6): 1147-1156, 2008.
- **Albrizio, R., Todorovic, M., et al.**, "Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment." *Field Crops Research* 115(2): 179-190, 2010.
- **Altin, R., Cetinkaya, S., et al.**, "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines." *Energy Conversion and Management* 42(5): 529-538, 2001.
- **Alvaro-Fuentes, J., Lampurlanes, J., et al.**, "Alternative Crop Rotations under Mediterranean No-Tillage Conditions: Biomass, Grain Yield, and Water-Use Efficiency." *Agronomy Journal* 101(5): 1227-1233, 2009.
- **Alvaro-Fuentes, J., Lopez, M. V., et al.**, "Tillage and cropping effects on soil organic carbon in Mediterranean semiarid agroecosystems: Testing the Century model." *Agriculture Ecosystems & Environment* 134(3-4): 211-217, 2009.
- **Anton, A., Castells, F., et al.**, "Land use indicators in life cycle assessment. Case study: The environmental impact of Mediterranean greenhouses." *Journal of Cleaner Production* 15(5): 432-438, 2007.
- **Astolfi, S., Zuchi, S., et al.**, "Supply of sulphur to S-deficient young barley seedlings restores their capability to cope with iron shortage." *Journal of Experimental Botany* 61(3): 799-806, 2010.
- **Audsley, E.**, "Harmonisation of environmental life cycle assessment." Final Report Concerted action AIR3-CT94-2028. European Commission. DG VI Agriculture, 1997.
- **Baka, J. i Roland-Holst, D.**, "Food or fuel? What European farmers can contribute to Europe's transport energy requirements and the Doha Round." *Energy Policy* 37(7): 2505-2513, 2009.
- **Barnwal, B. K. i Sharma, M. P.**, "Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India." *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 9(4): 363-378, 2005.



- **Basf**, "BASF crop protection global. Agriculture." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: <http://www.agro.basf.com/agr/AP-Internet/en/content/solutions/index>.
- **Bayer**, "Bayer crop science. Crop compendium." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: <http://compendium.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cropcompendium/bcs-cropcomp.nsf/id/Home>.
- **Benoit, C., Norris, G. A., et al.**, "The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time!" *International Journal of Life Cycle Assessment* 15(2): 156-163, 2010.
- **Berenguer, S.**, "Agricultor local i membre de la Cooperativa agrària Sta. Coloma de Queralt." Sta. Coloma de Queralt (Tarragona): Comunicació personal, 2008.
- **Bernard, F. i Prieur, A.**, "Biofuel market and carbon modeling to analyse French biofuel policy." *Energy Policy* 35(12): 5991-6002, 2007.
- **Bernesson, S., Nilsson, D., et al.**, "A limited LCA comparing large- and small-scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions." *Biomass & Bioenergy* 26(6): 545-559, 2004.
- **Bindraban, P. S., Bulte, E. H., et al.**, "Can large-scale biofuels production be sustainable by 2020?" *Agricultural Systems* 101(3): 197-199, 2009.
- **Biona, J. B. M. i Licaucó, J.**, "Performance, smoke characteristics and economics of pre-heated used vegetable oil utilization in Philippine public utility jeepneys." *Clean Technologies and Environmental Policy* 11(2): 239-245, 2009.
- **BlueCat**, "How much AdBlue will a vehicles use." 2005. [Consulta: 2008]. Informació disponible a: http://www.bluecat.ie/FAQ/AdBlue_FAQ/How_much_AdBlue_will_a_vehicles_use.html.
- **Bosquet, A.**, "Cap de ventes de La Mécanique Moderne." Comunicació electrònica, 2009.
- **Braack, F.**, "Agent de ventes de Maschinenfabrik Reinartz GmbH&Co. KG." Comunicació electrònica, 2009.
- **Brentrup, F., Kusters, J., et al.**, "Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers." *European Journal of Agronomy* 14(3): 221-233, 2001.
- **Brentrup, F., Kusters, J., et al.**, "Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology - II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems." *European Journal of Agronomy* 20(3): 265-279, 2004.

- **Bretz, R.**, "SETAC LCA Workgroup: data availability and data quality." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 3(3): 121-123, 1998.
- **Bringezu, S., Schütz, H., et al.**, "Towards sustainable production and use of resources. Assessing biofuels." U. N. E. Programme, 2009.
- **Brundtland, G. H., Khalid, M., et al.**, "Our Common Future." W.-W. C. o. E. a. Development. Oxford University Press, 1987.
- **Brzoska, F.**, "Milk production and composition as influenced by soybean meal, rapeseed meal or rapeseed cake in concentrates for dairy cows." *Annals of Animal Science* 8(2): 133-143, 2008.
- **Canals, G.**, "Agricultor local." Igualada (Barcelona): Comunicació personal, 2009.
- **Casado-Cañequé, F.**, "Evaluación de la situación laboral de empresas: El análisis del ciclo de vida como herramienta para el desarrollo sostenible." Divisió de Ciències Jurídiques, Econòmiques i Socials. Barcelona, Universitat de Barcelona, 2002.
- **CioloS, D.**, "The future of European agricultural policy - Call for a public debate." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=SPEECH/10/150&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>.
- **Clausen, K.**, "Enzymatic oil-degumming by a novel microbial phospholipase." *European Journal of Lipid Science and Technology* 103(6): 333-340, 2001.
- **Cmolik, J. i Pokorny, J.**, "Physical refining of edible oils." *European Journal of Lipid Science and Technology* 102(7): 472-486, 2000.
- **Cossani, C. M., Slafer, G. A., et al.**, "Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site." *Field Crops Research* 112(2-3): 205-213, 2009.
- **Crutzen, P. J., Mosier, A. R., et al.**, "N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels." *Atmospheric Chemistry and Physics* 8(2): 389-395, 2008.
- **Chiaramonti, D. i Recchia, L.**, "Is life cycle assessment (LCA) a suitable method for quantitative CO₂ saving estimations? the impact of field input on the LCA results for a pure vegetable oil chain." *Biomass & Bioenergy* 34(5): 787-797, 2010.
- **Dalgaard, R., Schmidt, J., et al.**, "LCA of soybean meal." *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(3): 240-254, 2008.
- **de Haes, H. A. U.**, "The scientific basis for SLCA." *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(2): 95-95, 2008.
- **de la Peña, C.**, "Responsable cooperativa de Campo de San Gregorio." Pina de Ebro (Saragossa): Comunicació personal, 2009.



- **Demirbas, A.**, "Importance of biodiesel as transportation fuel." *Energy Policy* 35: 4661-4670, 2007.
- **Demirbas, A.**, "Biodiesel production via rapid transesterification." *Energy Sources Part a-Recovery Utilization and Environmental Effects* 30(19): 1830-1834, 2008.
- **Demirbas, A.**, "Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review." *Applied Energy* 86: S108-S117, 2009.
- **der Wiesche, S. A.**, "Numerical heat transfer and thermal engineering of AdBlue (SCR) tanks for combustion engine emission reduction." *Applied Thermal Engineering* 27(11-12): 1790-1798, 2007.
- **Deutz-Fahr**, "Tractor model Agrottron M Natural Power." 2009. [Consulta: 2009]. Informació disponible a: http://www.deutz-fahr.com/SPAIN/es-ES/agrotron_m_natural_poweres.html?identitytypecustomfields=DESCR OVERVIEW&idproduct=57.
- **DIN-51605**, "Fuels for vegetable oil compatible combustion engines - Fuel from rapeseed oil - Requirements and test methods." Germany. DIN 51605: 16, 2010.
- **Directive-2003/30/EC**, "Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport." Official Journal of the European Union L123. Directive 2003/30/EC: L123, 42-46, 2003.
- **Directive-2003/87/EC**, "Directive of the European Parliament and of the Council establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity." Official Journal of the European Union. Directive 2003/87/EC: L275, 32-46, 2003.
- **Directive-2003/96/EC**, "Directive of the European Parliament and of the Council restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity." Official Journal of the European Union. Directive 2003/96/EC: L283, 51-70, 2003.
- **Dreyer, L. C., Niemann, A. L., et al.**, "Comparison of three different LCIA methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99 - Does it matter which one you choose?" *International Journal of Life Cycle Assessment* 8(4): 191-200, 2003.
- **EFMA**, "Annual report of the European Fertilizers Manufacturers Association." 2008. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.efma.org.
- **Ekvall, T.**, "Nations in social LCA." *International Journal of Life Cycle Assessment* 16(1): 1-2, 2011.
- **Escobar, J. C., Lora, E. S., et al.**, "Biofuels: Environment, technology and food security." *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 13(6-7): 1275-1287, 2009.

- **European Central Bank**, "Euro foreign exchange reference rates." 2004-2010. [Consulta: 2011]. Informació disponible a: www.ecb.int/stats/exchange/eurofxref/html/index.en.html.
- **European Commission**, "Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future." 2007. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:FIN:EN:PDF>.
- **European Commission**, "Report on the conference: Climate change – can soil make a difference?" 2008. [Consulta: 2009]. Informació disponible a: http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/report_conference.pdf.
- **European Commission**, "Prospects for agricultural markets and income in the European Union 2008-2015." 2009. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: http://ec.europa.eu/agriculture/publi/caprep/prospects2008/fullrep_en.pdf.
- **European Commission**, "Why do we need a common agricultural policy?" 2009. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/reports/why_en.pdf.
- **European Commission**, "Final report for the 'Update of Analysis of Prospects in the Scenar 2020 Study', Preparing for Change." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/scenar2020ii/report_en.pdf.
- **European Union**, "Agriculture in the European Union statistical and economic information." 2009. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: http://ec.europa.eu/agriculture/agrista/2009/table_en/index.htm.
- **FAOSTAT**, "Crops production 2008." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: <http://faostat.fao.org>.
- **FAS**, "World Rapeseed Production in 2000/01 Likely to Fall Below Record 1999/2000 Levels." United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service 2000. [Consulta: 2008]. Informació disponible a: <http://ffas.usda.gov/wap/circular/2000/00-03/wap2.htm>.
- **Fava, J., Consoli, F., et al.**, "A conceptual framework for life-cycle impact assessment. Workshop Report, Society for Environmental Toxicology and Chemistry and SETAC." I. Foundation for Environmental Education. Pensacola, 1993.
- **FEDNA**, "Tablas de composición de alimentos y control de calidad. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal." 2003. [Consulta: 2009]. Informació disponible a: <http://www.etsia.upm.es/fedna/introtabla.htm>.
- **Ferchau, E.**, "Equipment for decentralised cold pressing of oil seeds." Folkecenter for Renewable Energies 2000. [Consulta: 2009]. Informació disponible a: www.folkecenter.dk.



- **Fischer, G., Prieler, S., et al.**, "Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures. Part I: Land productivity potentials." *Biomass & Bioenergy* 34(2): 159-172, 2010.
- **Flessa, H., Ruser, R., et al.**, "Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany." *Agriculture Ecosystems & Environment* 91(1-3): 175-189, 2002.
- **Fullana, P. i Puig, R.**; "El Análisis del Ciclo de Vida." Ed. Rubes, Barcelona, 1997.
- **Garraín, D.**, "Desarrollo y aplicación de las categorías de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodología de análisis de ciclo de vida." Departament d'Enginyeria Mecànica i Construcció. Castelló, Universitat Jaume I, 2009.
- **Gasol, C. M., Gabarrell, X., et al.**, "LCA of poplar bioenergy system compared with Brassica carinata energy crop and natural gas in regional scenario." *Biomass & Bioenergy* 33(1): 119-129, 2009.
- **Gasol, C. M., Gabarrell, X., et al.**, "Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in southern Europe." *Biomass & Bioenergy* 31(8): 543-555, 2007.
- **Gauthier, C.**, "Measuring corporate social and environmental performance: The extended life-cycle assessment." *Journal of Business Ethics* 59(1-2): 199-206, 2005.
- **Goldemberg, J. i Guardabassi, P.**, "Are biofuels a feasible option?" *Energy Policy* 37(1): 10-14, 2009.
- **Goldsmith, E. i Allen, R.**, "A blueprint for survival." *The Ecologist* 2(1), 1972.
- **Gopal, A. R. i Kammen, D. M.**, "Molasses for ethanol: the economic and environmental impacts of a new pathway for the lifecycle greenhouse gas analysis of sugarcane ethanol." *Environmental Research Letters* 4(4), 2009.
- **Gopalakrishnan, G., Negri, M. C., et al.**, "Biofuels, Land, and Water: A Systems Approach to Sustainability." *Environmental Science & Technology* 43(15): 6094-6100, 2009.
- **Gopfert, E., Trckova, M., et al.**, "The use of treated rape cake in a calf starter diet." *Czech Journal of Animal Science* 51(11): 491-501, 2006.
- **Grau, B., Bernat, E., et al.**, "Small-scale production of straight vegetable oil from rapeseed and its use as biofuel in the Spanish territory." *Energy Policy* 38(1): 189-196, 2010.
- **GRI**, "G3 Sustainability reporting guidelines, version 3.0." Global Reporting Initiative 2006. [Consulta: 2011]. Informació disponible a: <http://www.globalreporting.org/Home>.

- **Grießhammer, R., Benoît, C., et al.**, "Feasibility study: integration of social aspects into LCA." Freiburg, Eco-Institute: 14, 2006.
- **Guinée, J. B., Gorree, M., et al.**, "Life cycle assessment: an operational guide to the ISO standards." 2009, 2001.
- **Guinée, J. B., Heijungs, R., et al.**, "A greenhouse gas indicator for bioenergy: some theoretical issues with practical implications." *International Journal of Life Cycle Assessment* 14(4): 328-339, 2009.
- **Guinée JB., G., M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn R., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes HA., de Bruijn, JA., Ivan Duin R. and Huijbregts MAJ.**, "Life cycle assessment: an operational guide to the ISO standards." 2009, 2001.
- **Guy, S. O. i Cox, D. B.**, "Reduced tillage increases residue groundcover in subsequent dry pea and winter wheat crops in the Palouse region of Idaho." *Soil & Tillage Research* 66(1): 69-77, 2002.
- **Halleux, H., Lassaux, S., et al.**, "Comparative life cycle assessment of two biofuels ethanol from sugar beet and rapeseed methyl ester." *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(3): 184-190, 2008.
- **He, Y. i Bao, Y. D.**, "Study on rapeseed oil as alternative fuel for a single-cylinder diesel engine." *Renewable Energy* 28(9): 1447-1453, 2003.
- **Hedenus, F., Azar, C., et al.**, "Energy security policies in EU-25-The expected cost of oil supply disruptions." *Energy Policy* 38(3): 1241-1250, 2010.
- **Hulsbergen, K. J., Feil, B., et al.**, "A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial." *Agriculture Ecosystems & Environment* 86(3): 303-321, 2001.
- **Hunkeler, D.**, "Societal LCA methodology and case study." *International Journal of Life Cycle Assessment* 11(6): 371-382, 2006.
- **Hunkeler, D., Lichtenvort, K., et al.**, "Environmental Life Cycle Costing." J. W. Gorsuch. New York, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC): 30, 2008.
- **Hunkeler, D., Lichtenvort, K., et al.**, "Environmental Life Cycle Costing." J. W. Gorsuch. New York, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 2008.
- **Hunkeler, D. i Rebitzer, G.**, "The future of life cycle assessment." *International Journal of Life Cycle Assessment* 10(5): 305-308, 2005.
- **Idescat**, "Cens agrari 1999." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.idescat.cat.
- **Indexmundi**, "Commodity prices (source: International Monetary Fund)." 2004-2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.indexmundi.com.



- **IPCC**, "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme." Volume 4. Chapter 11, N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from lime and urea application 2006. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.
- **ISO-14040**, "Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework." Geneve, Switzerland. EN ISO 14040, 2006.
- **ISO-14044**, "Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines." Geneve, Switzerland. EN ISO 14044, 2006.
- **Jorgensen, A., Finkbeiner, M., et al.**, "Defining the baseline in social life cycle assessment." International Journal of Life Cycle Assessment 15(4): 376-384, 2010.
- **Jorgensen, A., Hauschild, M. Z., et al.**, "Relevance and feasibility of social life cycle assessment from a company perspective." International Journal of Life Cycle Assessment 14(3): 204-214, 2009.
- **Jorgensen, A., Lai, L. C. H., et al.**, "Assessing the validity of impact pathways for child labour and well-being in social life cycle assessment." International Journal of Life Cycle Assessment 15(1): 5-16, 2010.
- **Jorgensen, A., Le Bocq, A., et al.**, "Methodologies for social life cycle assessment." International Journal of Life Cycle Assessment 13(2): 96-103, 2008.
- **Katerji, N., Mastrorilli, M., et al.**, "Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis." European Journal of Agronomy 28(4): 493-507, 2008.
- **Klingstedt, F., Arve, K., et al.**, "Toward improved catalytic low-temperature NOx removal in diesel-powered vehicles." Accounts of Chemical Research 39(4): 273-282, 2006.
- **Kloepffer, W.**, "Life-cycle based methods for sustainable product development." International Journal of Life Cycle Assessment 8(3): 157-159, 2003.
- **Kloepffer, W.**, "Life cycle Sustainability assessment of products." International Journal of Life Cycle Assessment 13(2): 89-94, 2008.
- **Koroneos, C., Dompros, A., et al.**, "Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes." International Journal of Hydrogen Energy 29(14): 1443-1450, 2004.
- **Kracht, W., Danicke, S., et al.**, "Effect of dehulling of rapeseed on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs." Archives of Animal Nutrition 58(5): 389-404, 2004.
- **Krahl, J., Munack, A., et al.**, "Biodiesel, rapeseed oil, gas-to-liquid, and a premium diesel fuel in heavy duty diesel engines: Endurance, emissions and health effects." Clean-Soil Air Water 35: 417-426, 2007.

- **Kurczewski, P. i Lewandowska, A.,** "ISO 14062 in theory and practice-ecodesign procedure. Part 2: practical application." *International Journal of Life Cycle Assessment* 15(8): 777-784, 2010.
- **Kuzyakov, Y. i Domanski, G.,** "Carbon input by plants into the soil. Review." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde* 163(4): 421-431, 2000.
- **Labeckas, G. i Slavinskas, S.,** "Performance of direct-injection off-road diesel engine on rapeseed oil." *Renewable Energy* 31(6): 849-863, 2006.
- **Lasa, J. M., Igartua, E., et al.,** "Morphological and agronomical diversity patterns in the Spanish barley core collection." *Hereditas* 135(2-3): 217-225, 2001.
- **Lechón, Y., Cabal, H., et al.,** "LCA de combustibles alternativos para el transporte. Fase II: LCA comparativo del biodiésel y del diésel." *Energía y Cambio Climático* 2006. [Consulta: 2008]. Informació disponible a: www.ciemat.es.
- **Lee, J. Y., Yoo, M., et al.,** "Life cycle cost analysis to examine the economical feasibility of hydrogen as an alternative fuel." *International Journal of Hydrogen Energy* 34(10): 4243-4255, 2009.
- **Lemming, G., Friis-Hansen, P., et al.,** "Risk-based economic decision analysis of remediation options at a PCE-contaminated site." *Journal of Environmental Management* 91(5): 1169-1182, 2010.
- **Lewandowska, A. i Kurczewski, P.,** "ISO 14062 in theory and practice-ecodesign procedure. Part 1: structure and theory." *International Journal of Life Cycle Assessment* 15(8): 769-776, 2010.
- **Lewis, C. A.,** "Fuel and energy production emission factors." *MEET Project: Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport (Task No. 3.4)*, 1997.
- **Lopez-Bellido, R. J., Fontan, J. M., et al.,** "Carbon Sequestration by Tillage, Rotation, and Nitrogen Fertilization in a Mediterranean Vertisol." *Agronomy Journal* 102(1): 310-318, 2010.
- **Lopez, M. V. i Arrue, J. L.,** "Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain." *Soil & Tillage Research* 44(1-2): 35-54, 1997.
- **Madejon, E., Murillo, J. M., et al.,** "Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas." *Soil & Tillage Research* 105(1): 55-62, 2009.
- **Mattsson, B., Cederberg, C., et al.,** "Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops." *Journal of Cleaner Production* 8(4): 283-292, 2000.



- **Mbarawa, M.**, "Performance, emission and economic assessment of clove stem oil-diesel blended fuels as alternative fuels for diesel engines." *Renewable Energy* 33(5): 871-882, 2008.
- **McCammon, A. L. T.**, "United-Nations Conference on Environment and Development, Held in Rio-De-Janeiro, Brazil, During 3-14 June 1992, and the 92 Global Forum, Rio-De-Janeiro, Brazil, 1-14 June 1992." *Environmental Conservation* 19(4): 372-373, 1992.
- **McDonnell, K., Ward, S., et al.**, "Properties of rapeseed oil for use as a diesel fuel extender." *Journal of the American Oil Chemists Society* 76(5): 539-543, 1999.
- **Meadows, D. H. i Club de, R.**, "The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind." New American Library, New York, 1972.
- **Melero, S., Lopez-Garrido, R., et al.**, "Conservation tillage: Short- and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions." *Soil & Tillage Research* 104(2): 292-298, 2009.
- **Meyer, M.**, "Prof. Agric. Engineering, Swiss College of Agriculture." Igualada (Barcelona): Comunicació personal, 2008.
- **Milà, L.**, "Contributions to LCA methodology for agricultural systems. Site-dependency." Departament de química. Bellaterra (Barcelona), Universitat de Barcelona, 2003.
- **MITYC**, "Spanish Ministry of Industry, Commerce and Tourism. Monthly fuel reports." 2004-2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.mityc.es/energia/petroleo/Precios/Informes/InformesMensuales/Paginas/Inde xInformesMensuales.aspx.
- **Mol, A. P. J.**, "Boundless biofuels? Between environmental sustainability and vulnerability." *Sociologia Ruralis* 47: 297-315, 2007.
- **Morrone, M., Stuart, B. J., et al.**, "The challenges of biofuels from the perspective of small-scale producers in Ohio." *Energy Policy* 37(2): 522-530, 2009.
- **Moss, A. R. i Givens, D. I.**, "The Chemical-Composition, Digestibility, Metabolizable Energy Content and Nitrogen Degradability of Some Protein-Concentrates." *Animal Feed Science and Technology* 47(3-4): 335-351, 1994.
- **Mulder, K. i Hagens, N. J.**, "Energy return on investment: Toward a consistent framework." *Ambio* 37(2): 74-79, 2008.
- **Murphy, D. J. i Hall, C. A. S.**, "Year in review-EROI or energy return on (energy) invested." *Ann N Y Acad Sci* 1185: 102-18, 2010.

- **Nassen, J., Sprei, F., et al.**, "Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector-Economic and organisational explanations." *Energy Policy* 36(10): 3814-3822, 2008.
- **Nguyen, T. L. T., Gheewala, S. H., et al.**, "Life cycle cost analysis of fuel ethanol produced from cassava in Thailand." *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(7): 564-573, 2008.
- **Norris, G.**, "Life cycle approach to sustainable consumption: conceptual design of a methodological framework. Final report." T. S. o. N.-T. T. (AIST). Tokyo, 2003.
- **Norris, G. A.**, "Social impacts in product life cycles - Towards life cycle attribute assessment." *International Journal of Life Cycle Assessment* 11: 97-104, 2006.
- **Nwafor, O. M. I.**, "The effect of elevated fuel inlet temperature on performance of diesel engine running on neat vegetable oil at constant speed conditions." *Renewable Energy* 28(2): 171-181, 2003.
- **Nwafor, O. M. I.**, "Emission characteristics of diesel engine running on vegetable oil with elevated fuel inlet temperature." *Biomass & Bioenergy* 27(5): 507-511, 2004.
- **Nwafor, O. M. I., Rice, G., et al.**, "Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engines." *Renewable Energy* 21(3-4): 433-444, 2000.
- **Öko-Institut**, "Produktlinienanalyse: Bedürfnisse, Produkte und ihre Folgen. Kölner Volksblattverlag." P. ö. Wirtschaft. Colonia, 1987.
- **Ortiz, O., Bonnet, C., et al.**, "Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain." *Building and Environment* 44(3): 584-594, 2009.
- **Ouyang, J. L., Ge, J., et al.**, "Economic analysis of energy-saving renovation measures for urban existing residential buildings in China based on thermal simulation and site investigation." *Energy Policy* 37(1): 140-149, 2009.
- **Ozcimen, D. i Karaosmanoglu, F.**, "Production and characterization of bio-oil and biochar from rapeseed cake." *Renewable Energy* 29(5): 779-787, 2004.
- **Palosuo, T., Suominen, T., et al.**, "Assigning results of the Tool for Sustainability Impact Assessment (ToSIA) to products of a forest-wood-chain." *Ecological Modelling* 221(18): 2215-2225, 2010.
- **Paracchini, M. L., Pacini, C., et al.**, "An aggregation framework to link indicators associated with multifunctional land use to the stakeholder evaluation of policy options." *Ecological Indicators* 11(1): 71-80, 2011.
- **Pardo, G., Aibar, J., et al.**, "Economic Evaluation of Cereal Cropping Systems under Semiarid Conditions: Minimum Input, Organic and Conventional." *Scientia Agricola* 66(5): 615-621, 2009.



- **Parent, J., Cucuzzella, C., et al.**, "Impact assessment in SLCA: sorting the sLCIA methods according to their outcomes." *International Journal of Life Cycle Assessment* 15(2): 164-171, 2010.
- **PE-International**, "GaBi 4." Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde. P. E. GMBH. Stuttgart, Echterdingen, 2010.
- **Pearce, D.**, "Environmental Appraisal and Environmental Policy in the European Union." *Environmental and Resource Economics* 11(3): 489-501, 1998.
- **Peterson, C. L. i Hustrulid, T.**, "Carbon cycle for rapeseed oil biodiesel fuels." *Biomass & Bioenergy* 14(2): 91-101, 1998.
- **Pozo, B. F., Lopez, A. D., et al.**, "Economical and Social Assessments Approach on Paper Recycling." *Environmental Engineering and Management Journal* 8(5): 1121-1127, 2009.
- **Praetorius, B. i Schumacher, K.**, "Greenhouse gas mitigation in a carbon constrained world: The role of carbon capture and storage." *Energy Policy* 37(12): 5081-5093, 2009.
- **PRé-Consultants**, "SimaPro 7 LCA software." Amersfoort, The Netherlands, 2010.
- **Prior, E. M., Vadke, V. S., et al.**, "Effect of Heat-Treatments on Canola Press Oils .1. Non-Triglyceride Components." *Journal of the American Oil Chemists Society* 68(6): 401-406, 1991.
- **Rebitzer, G., Ekvall, T., et al.**, "Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications." *Environment International* 30(5): 701-720, 2004.
- **Regulation-15/2010/EC**, "Commission regulation (EU) No 15/2010 amending Annex I to Regulation (EC) No 689/2008 of the European Parliament and of the Council concerning the export and import of dangerous chemicals." 2010.
- **Regulation-1782/2003/EC**, "Council Regulation 1782/2003/EC establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers." 2003.
- **Reijnders, L. i Huijbregts, M. A. J.**, "Biogenic greenhouse gas emissions linked to the life cycles of biodiesel derived from European rapeseed and Brazilian soybeans." *Journal of Cleaner Production* 16(18): 1943-1948, 2008.
- **Resch, G., Held, A., et al.**, "Potentials and prospects for renewable energies at global scale." *Energy Policy* 36(11): 4048-4056, 2008.
- **Riba, J. R., Esteban, B., et al.**, "Characterization of physical properties of vegetable oils to be used as fuel in diesel engines." *Afinidad* 67(546): 100-106, 2010.

- **Rinne, M., Jaakkola, S., *et al.***, "Effects of type and amount of rapeseed feed on milk production." *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science* 49(3): 137-148, 1999.
- **Rosenthal, A., Pyle, D. L., *et al.***, "Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction." *Enzyme and Microbial Technology* 19(6): 402-420, 1996.
- **Russi, D.**, "An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: Killing several birds with one stone?" *Energy Policy* 36(3): 1169-1180, 2008.
- **Saling, P., Maisch, R., *et al.***, "Assessing the environmental-hazard potential for life cycle assessment, eco-efficiency and SEEBalance (R)." *International Journal of Life Cycle Assessment* 10(5): 364-371, 2005.
- **Sanchez-Giron, V., Serrano, A., *et al.***, "Economic assessment of three long-term tillage systems for rainfed cereal and legume production in semiarid central Spain." *Soil & Tillage Research* 78(1): 35-44, 2004.
- **Scharlemann, J. P. W. i Laurance, W. F.**, "Environmental science - How green are biofuels?" *Science* 319(5859): 43-44, 2008.
- **Schmidt, J. H.**, "Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil." Department of Development and Planning. Aalborg, Aalborg University, 2007.
- **Schmidt, J. H.**, "Comparative life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil." *International Journal of Life Cycle Assessment* 15(2): 183-197, 2010.
- **Schone, F., Fritsche, J., *et al.***, "Changes of rapeseed and linseed oil during processing." *Fett-Lipid* 100(12): 539-545, 1998.
- **SendeCO2**, "Carbon markets historical prices." 2008-2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.sendeco2.com.
- **Servei Meteorològic de Catalunya**, "Anuaris dades meteorològiques (Yearbooks weather data)." 2010. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.meteo.cat.
- **Sharma, Y. C., Singh, B., *et al.***, "Advancements in development and characterization of biodiesel: A review." *Fuel* 87(12): 2355-2373, 2008.
- **Sheehan, J., Camobreco, V., *et al.***, "An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles." 1998. [Consulta]. Informació disponible a: <http://www.doe.gov/bridge>.
- **Sheehan, J. J.**, "Biofuels and the conundrum of sustainability." *Current Opinion in Biotechnology* 20(3): 318-324, 2009.
- **Silvar, C., Casas, A. M., *et al.***, "Screening the Spanish Barley Core Collection for disease resistance." *Plant Breeding* 129(1): 45-52, 2010.
- **Simek, M., Sustala, M., *et al.***, "The effect of rape cakes in feed mixtures on the content parameters of cow milk." *Czech Journal of Animal Science* 45(4): 161-167, 2000.



- **Sims, R. E. H., Hastings, A., et al.**, "Energy crops: current status and future prospects." *Global Change Biology* 12(11): 2054-2076, 2006.
- **Singh, A., Pant, D., et al.**, "Key issues in life cycle assessment of ethanol production from lignocellulosic biomass: Challenges and perspectives." *Bioresource Technology* 101(13): 5003-5012, 2010.
- **Singh, J. i Bargale, P. C.**, "Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression." *Journal of Food Engineering* 43(2): 75-82, 2000.
- **Soler, J.**, "Quality and R&D Manager LIPSA S.A. Personal Communication." Santa Perpetua De Mogoda (Barcelona): Comunicació personal, 2009.
- **Soltic, P., Edenhauser, D., et al.**, "Experimental investigation of mineral diesel fuel, GTL fuel, RME and neat soybean and rapeseed oil combustion in a heavy duty on-road engine with exhaust gas aftertreatment." *Fuel* 88(1): 1-8, 2009.
- **Spanish law 8/2009**, "Real Decreto-ley 8/2009, de 12 de junio, por el que se conceden créditos extraordinarios y suplementos de crédito, por importe total de 19.821,28 millones de euros, y se modifican determinados preceptos de la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales." *BOE* 143(13th June 2009): 49890-49902, 2009.
- **Spanish law 22/2005**, "Spanish law 22/2005 of 18th November, 2005, por la que se incorporan al ordenamiento jurídico español diversas directivas comunitarias en materia de fiscalidad de productos energéticos y electricidad y del régimen fiscal común aplicable a las sociedades matrices y filiales de estados miembros diferentes, y se regula el régimen fiscal de las aportaciones transfronterizas a fondos de pensiones en el ámbito de la Unión Europea." *BOE* 277(19th November 2005): 37821- 37838, 2005.
- **Spanish law 26/2009**, "Ley 26/2009, de 23 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2010." *BOE* 309(24th December 2009): 108804-109227, 2009.
- **Spanish law 38/1992**, "Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales." *BOE* 312(29th December 1992): 44305-44331, 1992.
- **Steeneveldt, R., Berger, B., et al.**, "CO2 capture and storage - Closing the knowing-doing gap." *Chemical Engineering Research & Design* 84(A9): 739-763, 2006.
- **Styles, D. i Jones, M. B.**, "Life-cycle environmental and economic impacts of energy-crop fuel-chains: an integrated assessment of potential GHG avoidance in Ireland." *Environmental Science & Policy* 11(4): 294-306, 2008.
- **Suh, S., Weidema, B., et al.**, "Generalized Make and Use Framework for Allocation in Life Cycle Assessment." *Journal of Industrial Ecology* 14(2): 335-353, 2010.



- **Supit, I., van Diepen, C. A., et al.**, "Trend analysis of the water requirements, consumption and deficit of field crops in Europe." *Agricultural and Forest Meteorology* 150(1): 77-88, 2010.
- **SweatFree**, "Non-poverty wages for countries around the world." 2008. [Consulta: 2011]. Informació disponible a: www.sweatfree.org/nonpovertywages.
- **Syngenta**, "Syngenta crop protection." 2010. [Consulta]. Informació disponible a: <http://www.syngentacropprotection.com/CropMain.aspx>.
- **Taheripour, F., Hertel, T. W., et al.**, "Biofuels and their by-products: Global economic and environmental implications." *Biomass & Bioenergy* 34(3): 278-289, 2010.
- **TFI**, "Supply & demand, energy drive global fertilizer prices." *The Fertilizer Institute* 2009. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.tfi.org.
- **Thiyam, U., Kuhlmann, A., et al.**, "Prospects of rapeseed oil by-products with respect to antioxidative potential." *Comptes Rendus Chimie* 7(6-7): 611-616, 2004.
- **Thuneke, K. i Emberger, P.**, "Exhaust gas emission characteristics of rapeseed oil fuelled tractors - Investigations at a test stand." *Conference: Agricultural Engineering* 2007 2001: 47-52, 2007.
- **Ulgiati, S., Ascione, M., et al.**, "Material, energy and environmental performance of technological and social systems under a Life Cycle Assessment perspective." *Ecological Modelling* 222(1): 176-189, 2011.
- **UNEP-SETAC**, "Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products." *United Nations Environment Programme*, 2009.
- **USDA**, "United States Department of Agriculture National Nutrient Database." 2009. [Consulta: 2010]. Informació disponible a: www.nal.usda.gov.
- **Vaitilingom, G., Perilhon, C., et al.**, "Development of rape seed oil burners for drying and heating." *Industrial Crops and Products* 7(2-3): 273-279, 1998.
- **Veldsink, J. W., Muuse, B. G., et al.**, "Heat pretreatment of oilseeds: effect on oil quality." *Fett-Lipid* 101(7): 244-248, 1999.
- **Vidal, J.**, "Agricultor local i coordinador Unió de Pagesos Anoia." Igualada (Barcelona): Comunicació personal, 2008.
- **von Blottnitz, H. i Curran, M. A.**, "A review of assessments conducted on bio-ethanol as a transportation fuel from a net energy, greenhouse gas, and environmental life cycle perspective." *Journal of Cleaner Production* 15(7): 607-619, 2007.
- **Weidema, B. P.**, "The integration of economic and social aspects in life cycle impact assessment." *International Journal of Life Cycle Assessment* 11: 89-96, 2006.



- **Weidema, B. P. i Meeusen, M. J. G.**, "Agricultural data for Life Cycle Assessments." Concerted Action PL-97-3079 of the EU Food and Agricultural programme (FAIR) 2000. [Consulta]. Informació disponible a: http://www.lcacenter.org/library/pdf/2_00_01_1.pdf.
- **Weidema, B. P. i Schmidt, J. H.**, "Avoiding Allocation in Life Cycle Assessment Revisited." *Journal of Industrial Ecology* 14(2): 192-195, 2010.
- **Werner, F.**, "Ambiguities in Decision-oriented Life Cycle Inventories." Springer, Dordrecht, 2005.
- **Wikstrom, P. A.**, "Sustainability and Organizational Activities - Three Approaches." *Sustainable Development* 18(2): 99-107, 2010.
- **Wise, M., Kyle, G. P., et al.**, "The impact of electric passenger transport technology under an economy-wide climate policy in the United States: Carbon dioxide emissions, coal use, and carbon dioxide capture and storage." *International Journal of Greenhouse Gas Control* 4(2): 301-308, 2010.
- **Wood, R. i Garnett, S.**, "Regional sustainability in Northern Australia-A quantitative assessment of social, economic and environmental impacts." *Ecological Economics* 69(9): 1877-1882, 2010.
- **Xtec**, "Comarca de l'anoia." Generalitat de Catalunya 2009. [Consulta: 2009]. Informació disponible a: www.xtec.es.
- **Zekic, V., Rodic, V., et al.**, "Potentials and economic viability of small grain residue use as a source of energy in Serbia." *Biomass & Bioenergy* 34(12): 1789-1795, 2010.

ANNEXOS

A.1 PNT VOL137: determinació de l'índex d'acidesa d'un oli de colza

  <div> <p>Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial d'Igualada Escola Superior d'Adoberia</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</p> </div>	<p>PNT VOL137: DETERMINACIÓ DE L'ÍNDEX D'ACIDESA D'UN OLI DE COLZA</p>	
<p>Data redacció: març de 2006 Última revisió: maig de 2006</p>	<p>Autoritzat: J. Font Núm. pàgines: 3</p>	

2. Fonament:

L'índex d'acidesa és la mesura de l'àcid gras lliure d'un oli es defineix com els mil·ligrams de KOH necessaris per neutralitzar un gram de la mostra.

El grau d'acidesa és un concepte anàleg que es defineix com el percentatge d'àcid lliure d'un oli expressat com a àcid oleic.

Amb el KOH alcohòlic es neutralitza l'acidesa de l'oli i també la del dissolvent utilitzat per solubilitzar l'oli. L'acidesa del dissolvent es coneix amb una prova en blanc. I per diferència es determina l'acidesa de l'oli.

L'acidesa de l'oli és produïda per l'envelliment, l'hidròlisi dels triglicèrids, o per les impureses en la fabricació degut al mètode d'extracció.

3. Material i aparells necessaris:

- 3 erlenmeyers de 100 mL
- 1 microbureta de 5 mL
- 1 Proveta de 250 mL.
- 2 Vasos de precipitats de 250 mL.



- 1 Vareta
- Balança analítica
- 1 Pipeta de 5 mL.
- Paper de filtre
- 1 embut

4. Reactius necessaris:

- Dissolvent, 1 part d'èter etílic i 1 part d'etanol.

PREPARACIÓ: En un vas de 500 mL afegir, amb una proveta de 500 mL, 160 mL d'èter etílic i abocar-los al vas. Seguidament mesurar amb la proveta 160 mL d'etanol i afegir-los al vas de precipitats. Amb una vareta barrejar-ho tot.

Aquesta barreja, igual que totes les que es realitzin en aquesta prova, s'ha de realitzar sota la campana extractora degut a que l'èter dietílic és molt volàtil i l'olor que desprèn és molt forta.

- KOH en etanol 0,1 N.

PREPARACIÓ: En un vas de precipitats de 250 mL pesar 1,605 grams de KOH. Per tal que el KOH es dissolgui en l'etanol és millor afegir unes gotetes d'aigua un cop pesat el KOH i dissoldre'l i després afegir l'etanol.

Cal pesar exactament 1,605 g de KOH ja que es vol preparar uns 250 mL de KOH en etanol i segons el següent factor de conversió aquest ha de ser el pes:

$$250\text{mL} \times \frac{0,1 \text{ eq KOH}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ eq}} \times \frac{55,0977 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol}} \times \frac{100}{85} = 1,6205 \text{ g}$$

Després cal factoritzar el KOH 0,1N amb HCl 0,1N.

- 2 o 3 gotes de Fenolftaleïna per cada 50 mL de dissolvent.

5. Preparació de la mostra:

Es pesa amb exactitud 1 gram de la mostra en un erlenmeyer de 100 mL. En la campana extractora s'afegeixen 50 mL de dissolvent i 1mL de fenolftaleïna. Degut a la forta olor que desprèn l'èter dietílic, cal que totes les operacions es realitzin en la campana extractora. Cada cop que es vulgui mesurar l'índex d'acidesa d'una mostra i la solució de KOH en etanol 0,1N ja estigui preparada, aquesta s'ha de filtrar i factoritzar.

6. Realització de la prova:

La dissolució s'ha de valorar ràpidament amb KOH en etanol 0,5 N fins que de color groc passi a tenir un color rosat intens. Per realitzar la valoració s'ha d'utilitzar una microbureta. S'ha de realitzar una prova en blanc per determinar l'àlcali utilitzat pels 50 mL de dissolvent.

7. Càlculs:

Per obtenir l'índex d'acidesa s'ha d'utilitzar la següent fórmula:

$$\text{Índex d'acidesa} = \frac{(a-b)}{P} \times f \times 5,61 \times 5$$

On:

a = mL de KOH 0,5N de la valoració de la mostra.

b = mL de KOH de la valoració del blanc.

P = pes de la mostra

f = factor del KOH en etanol 0,1N.

8. Valors habituals:



L'índex d'acidesa de l'oli de colza hauria de ser inferior als 2 mg KOH/g [DIN-51605 2010].

9. Referències:

Aquest PNT està bastant en el mètode operatiu utilitzat al laboratori d'investigació de l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial d'Igualada.



A.2 PNT VIS118: determinació de fòsfor en oli de colza

  Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial d'Igualada Escola Superior d'Adoberia UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	PNT VIS118: DETERMINACIÓ DE FÒSFOR EN OLI DE COLZA	
	Data redacció: setembre de 2006 Última revisió: maig de 2006	Autoritzat: J. Font Núm. pàgines: 4

1. Tècnica.

Espectrofotometria visible

2. Principi del mètode.

Mineralització en presència d'òxid de zenc, dissolució del residu en àcid sulfúric, tractament amb àcid ascòrbic i molibdat amònic i mesura de l'absorbància del complex de color blau per espectrofotometria visible a la longitud d'ona de 880 nm, preferiblement amb cubeta de 2 o 4 cm. La concentració mínima detectable per aquest mètode usant cubetes de 20 mm és de 2 mg P /kg.

Les quantitats de fòsfor que es determinen amb aquest mètode són molt baixes i per altra banda el fòsfor és un element que pot contaminar material i reactius de laboratori a través dels detergents convencionals i també de la pell i de la saliva humanes. Cal extremar les precaucions per evitar contaminacions que malmetrien els resultats. És essencial acompanyar cada set de mostres amb un blanc de reactius com a control.

Aquest mètode serveix per determinar el paràmetre fòsfor en oli cru de colza destinat a ús com a combustible segons l'especificació inclosa en la Norma de Qualitat RK-Qualitätsstandard 5/2000.

3. Substàncies a les quals es pot aplicar.

El mètode està pensat per oli de colza. No obstant, hauria d'ésser adequat per qualsevol tipus d'oli vegetal. Amb lleugeres modificacions també pot servir per gasolina.

4. Mostres.

Conservar la mostra en un recipient tancat a 4° C (refrigerador). Evitar l'ús de recipients rentats amb detergents que continguin fosfats.

5. Preparació dels reactius.

- Aigua ultrapura. Milli-Q de Millipore o similar

- Detergent LM 03, sense fosfats. Panreac. Codi: 502602.

- Òxid de zenc. Panreac PA-ACS.

- H_2SO_4 1+10 v/v. S'afegeixen 50 mL d'àcid sulfúric 98 % Panreac PA-ISO (Codi: 131058) mesurats en proveta a 500 mL d'aigua ultrapura continguts en un got d'un litre.

- H_2SO_4 5 N

S'afegeix a un matràs aforat de 100 mL, 15 mL d'àcid sulfúric 98 % Panreac PA-ISO, i s'enrasa amb aigua ultrapura.

- Àcid ascòrbic, solució 40 g/L

S'afegeix a un matràs aforat de 25 mL 1 g d'àcid ascòrbic ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) Panreac PA-ACS-ISO (Codi: 131013) i s'enrasa amb aigua ultrapura.

- Tartrat de potassi i d'antimoni, solució de 2,8 g/L

S'afegeix a un matràs aforat de 100 mL 0,28 g de $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ Panreac PRS (Codi:141159) i s'enrasa amb aigua ultrapura.

- Molibdat amònic, solució de 40 g/L

S'afegeixen 2 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Panreac PRS (Codi: 141134) a un matràs aforat de 50 mL. Es filtra si és necessari, i s'enrasa amb aigua ultrapura.

- Reactiu combinat

En un matràs aforat de 100 mL, afegiu:

- 50 mL d'àcid sulfúric 5 N

- 5 mL de la solució de tartrat de potassi i antimoni

- 15 mL de la solució de molibdat d'amoni

Completar el volum amb ultrapura.



Transferir a un recipient de vidre i conservar a 4 °C dos mesos com a màxim.

6. Tècnica operatòria.

Tot el material que hagi d'estar en contacte amb la mostra en les diferents fases d'aquest procediment haurà d'estar rentat amb mescla cròmica i esbandit amb aigua ultrapura. No usar mai detergents comercials que continguin fosfats per netejar el material de vidre utilitzat en les determinacions de fòsfor.

Com a mètode alternatiu, el material es pot rentar amb el detergent lliure de fosfats.

6.1. Material necessari

- Material habitual al laboratori
- Pipetes d'èmbol de 1000 µL i de 5000 µL
- 2 Gresols.

Rentar cada gresol omplint-lo $\frac{3}{4}$ parts amb H_2SO_4 1+10 v/v, i fer-los bullir suaument a sobre d'una placa calefactora. Finalment esbandir-los molt bé amb aigua ultrapura i assecar-los a l'estufa.

6.2. Instruments necessaris

- espectrofotòmetre VIS-UV, HITACHI U-2000.
- balança analítica de 0,0001 g.
- forn de mufla.

6.3. Procediment

La determinació s'efectuarà per duplicat.

Realitzeu un assaig en blanc per cada sèrie de mostres, efectuant totes les operacions des de l'inici del punt 6.3.

1.- Afegiu a un gresol 1,60 g de ZnO i 3,00 g d'oli a analitzar. Escalfeu lentament amb una placa elèctrica fins que la mostra s'espessi i llavors augmenteu gradualment l'escalfament fins que la mostra estigui totalment carbonitzada.

2. Introduïu els gresols a la mufla ajustada a 450 °C. Incrementeu la temperatura fins a 620 °C en uns 10 minuts. Manteniu els gresols 2 hores a aquesta temperatura, i després poseu-los a refredar en un dessecador a temperatura ambient.

3.- Afegiu a les cendres 20 mL de H₂SO₄ 1+10 v/v . Tapeu el gresol amb un vidre de rellotge i escalfeu suaument a ebullició durant 5 minuts. Transferiu la solució a un matràs aforat de 100 mL amb l'ajut d'un embut. Renteu el gresol i la cara interior del vidre de rellotge amb aigua ultrapura transferint els rentats al matràs. Enraseu a 100 mL. La solució hauria de ser transparent, però si no és així filtreu-la amb paper de filtre de plecs.
Comprovació optativa: El pH d'aquesta solució, mesurat amb pH-metre o paper universal, hauria d'estar entre 1,5 i 6.

4.- Agafeu un volum de 25 mL, i introduïu-lo amb l'ajut d'un embut en un matràs de 50 mL. Afegiu uns 5-10 mL d'aigua ultrapura.

Desenvolupament de la coloració:

5.- Afegiu als matrassos: 1 mL d'àcid ascòrbic, i agiteu enèrgicament. Afegiu 8 mL de reactiu combinat, i torneu a agitar.

6.- Enraseu amb aigua ultrapura a 50 mL i espereu 30 minuts fins a total desenvolupament de la coloració.

7.- Mesureu a l'espectrofotòmetre VIS-UV (consultar PNT VIS001), treballant a 880 nm, (test i calibratge número 13).

7. Càlculs.

$$C(ppb) \times \frac{50}{25} \times \frac{100}{P} \times 0,001 = C(ppb) \times \frac{0,2}{P} = \text{Fòsfor total (mg / kg de P)}$$

C = concentració obtinguda a l'espectrofotòmetre (en ppb)

P = Pes d'oli analitzat, en grams (de l'ordre dels 3 grams)



8. Valors de referència.

Segons la Norma de Qualitat per oli cru de colza usat com a combustible (RK-Qualitätsstandard 5/2000 proposada pel *Bavarian National Institute for Agricultural Engineering* i per la *Technical University of Munich Weihenstephan*, el contingut de fòsfor hauria de ser inferior als 15 mg de P per kg.

Anàlisi efectuats per aquest mètode en oli de colza premsat en fred pel *Folkecenter* de Dinamarca donen 10,3 mg/kg de P de mitjana amb una RSD del ± 6 %. Les absorbàncies de les mostres es troben en el rang 0,080-0,086 i la del blanc és de l'ordre de 0,005.

9. Bibliografia.

Aquest procediment és una adaptació de la Norma ASTM D 3231-99

A.3 Recull de les taules d'inventari per l'ACV

Les taules següents recopilen la informació de cada un dels processos mostrats a la **Figura 3-5** ponderats per a la unitat de referència de cada procés i també per la mateixa unitat amb el valor corresponent al model proposat (escenari *OVC colza*).

Els processos que es mostren en les diverses taules són:

- **Taula A.1:** Entrades i sortides per al tractor funcionant en dièsel i OVC.
- **Taula A.2:** Aproximació a la fabricació de l'AdBlue.
- **Taula A.3:** Camp de colza, 20 ha, producció de 2300 kg/ha.
- **Taula A.4:** Premsat de la llavor per obtenir OVC i tortó de colza.
- **Taula A.5:** Camp de blat-1, un any després de conrear colza, 20 ha, producció bruta de 3850 kg/ha.
- **Taula A.6:** Camp d'ordi, 40 ha, producció de 3800 kg/ha.
- **Taula A.7:** Camp d'ordi-2, dos any després de conrear colza, un any després de conrear blat, 20 ha, producció de 3914 kg/ha.

Taula A.1 Taula inventari: Entrades, sortides i emissions per al procés que modelitza el tractor funcionant en dièsel i OVC.

Entrades	Unitats	Dièsel	OVC
AdBlue	kg	0,6981	0,8447
Combustible dièsel (EU-15: Diesel ELCD)	kg	15,8650	0,5759
Combustible OVC	kg	0,0000	18,6208
Sortides			
Treball agrícola	h	1	1
Benzopirè (emissions a l'aire)	kg	$8,48 \cdot 10^{-08}$	$1,16E \cdot 10^{-07}$
Diòxid de carboni (emissions a l'aire)	kg	50,4507	0,0000
Monòxid de carboni (emissions a l'aire)	kg	0,2186	0,1604
Partícules (emissions a l'aire)	kg	0,0476	0,0266
Òxids de nitrogen (emissions a l'aire)	kg	0,8211	0,9032
Compostos orgànics volàtils (emissions a l'aire)	kg	0,0584	0,0796
Diòxid de sofre (emissions a l'aire)	kg	0,0008	0,0000



El transport del combustible dièsel es considera que es fan mitjançant un camió de transport modelitzat amb el procés de GaBi *Truck PE*.

Degut a que no es disposa del procés de fabricació de l'AdBlue es modelitza mitjançant els components principals en la seva fabricació, tal i com es mostra en la **Taula A.2**.

Taula A.2 Taula inventari: Aproximació a la fabricació de l'AdBlue.			
Entrades		Unitats	
	Carbamide (urea)	kg	0,325
	Aigua (desalinitzada i desionitzada)	kg	0,675
Sortides			
	AdBlue	kg	1

Taula A.3 Taula inventari: camp de colza, 20 ha, producció de 2300 kg/ha.				
Entrades		Unitats	Valors (20 ha)	Valors (1 ha)
	Treball agrícola	h	75	3,75
	Alachlor (herbicida)	kg	30	1,5
	Nitrat d'amoni (fertilitzant)	kg	3517,6	175,88
	Benomyl (fungicida)	kg	0	0
	Carbofuran (insecticida)	kg	30	1,5
	Llabor de sembra	kg	70	3,5
	Superfície agrícola	m ²	200000	10000
	NPK 15-15-15 (fertilitzant)	kg	7360	368
	Clorur de potassi (60% K ₂ O) (fertilitzant)	kg	0	0
Sortides				
	Producció agrícola	kg	45080	2254
	Amoníac (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	364,75	18,2376
	Òxids de nitrogen (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	4,61065	0,2305
	Òxid nítrós (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	46,1065	2,3053
	Fòsfor (emissions inorgàniques a l'aigua dolça)	kg	0,4048	0,0202
	Palla (de la neteja)	kg	920	46

Taula A.4 Taula inventari: premsat de la llavor per obtenir OVC i tortó de colza.

Entrades	Unitats	Valors (20 ha)	Valors (1 kg)
Producte agrícola	kg	20593,9	1
Energia elèctrica	MJ	11871,56	0,57646
Aigua per a ús industrial	kg	121,0921	0,00588
Sortides			
Tortó de colza	kg	14539,29	0,706
Oli vegetal cru (OVC)	kg	5872,968	0,28518
Lecitines i oli	kg	181,6382	0,00882

Taula A.5 Taula inventari: camp de blat-1, un any després de conrear colza, 20 ha, producció bruta de 3850 kg/ha.

Entrades	Unitats	Valors (20 ha)	Valors (1 ha)
Treball agrícola	h	66,6	3,33
Alachlor (herbicida)	kg	30	1,5
Nitrat d'amoni (fertilitzant)	kg	2058,8	102,94
Benomyl (fungicida)	kg	30	1,5
Carbofuran (insecticida)	kg	30	1,5
Llavor de sembra	kg	4000	200
Superfície agrícola	m ²	200000	10000
NPK 15-15-15 (fertilitzant)	kg	11666,6	583,33
Clorur de potassi (60% K ₂ O) (fertilitzant)	kg	1166,6	58,33
Sortides			
Producció agrícola	kg	75460	3773
Amoníac (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	507,8400	25,3920
Òxids de nitrogen (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	4,8703	0,2435
Òxid nítrós (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	48,7029	2,4351
Fòsfor (emissions inorgàniques a l'aigua dolça)	kg	0,6417	0,0321
Palla (de la neteja)	kg	1540	77



Taula A.6 Taula inventari: camp d'ordi, 40 ha, producció de 3800 kg/ha.

Entrades	Unitats	Valors (20 ha)	Valors (1 ha)
Treball agrícola	h	136,8	3,42
Alachlor (herbicida)	kg	60	1,5
Nitrat d'amoni (fertilitzant)	kg	0	0
Benomyl (fungicida)	kg	60	1,5
Carbofuran (insecticida)	kg	60	1,5
Llavor de sembra	kg	7200	180
Superfície agrícola	m ²	400000	10000
NPK 15-15-15 (fertilitzant)	kg	24320	608
Sortides			
Producció agrícola	kg	148960	3724
Amoníac (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	972,8000	24,3200
Òxids de nitrogen (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	5,4133	0,1353
Òxid nitrós (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	54,1326	1,3533
Fòsfor (emissions inorgàniques a l'aigua dolça)	kg	0,8800	0,0220
Palla (de la neteja)	kg	3040	76

Taula A.7 Taula inventari: camp d'ordi-2, dos any després de conrear colza, un any després de conrear blat, 20 ha, producció de 3914 kg/ha.

Entrades	Unitats	Valors (20 ha)	Valors (1 ha)
Treball agrícola	h	68,4	3,42
Alachlor (herbicida)	kg	30	1,5
Nitrat d'amoni (fertilitzant)	kg	0	0
Benomyl (fungicida)	kg	30	1,5
Carbofuran (insecticida)	kg	30	1,5
Llavor de sembra	kg	3600	180
Superfície agrícola	m ²	200000	10000
NPK 15-15-15 (fertilitzant)	kg	12160	608
Sortides			
Producció agrícola	kg	76714,4	3835,72
Amoníac (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	486,4000	24,3200
Òxids de nitrogen (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	2,7066	0,1353
Òxid nitrós (emissions inorgàniques a l'aire)	kg	27,0663	1,3533
Fòsfor (emissions inorgàniques a l'aigua dolça)	kg	0,4400	0,0220
Palla (de la neteja)	kg	1565,6	78,28

A.4 Recull de taules de resultats de l'ACV-A

Les taules següents recopilen la informació referent a resultats de l'avaluació ambiental. El llistat de les taules incloses són:

- **Taula A.8:** Taula de resultats ambientals agrupats per escenaris.
- **Taula A.9:** Taula de resultats ambientals agrupats per escenaris (percentatge respecte escenari de referència).
- **Taula A.10:** Taula de resultats ambientals: escenari dièsel actual.
- **Taula A.11:** Taula de resultats ambientals: escenari dièsel clàssic.
- **Taula A.12:** Taula de resultats ambientals: escenari dièsel colza.
- **Taula A.13:** Taula de resultats ambientals: escenari dièsel colza-oli.
- **Taula A.14:** Taula de resultats ambientals: escenari OVC colza.
- **Taula A.15:** Taula de resultats ambientals: escenari OVC colza-oli.

Taula A.8 Taula de resultats ambientals agrupats per escenaris						
	Dièsel actual	Dièsel clàssic	Dièsel colza	Dièsel colza-oli	OVC colza	OVC colza-oli
PERA (kg Sb-equiv.)	$4,16 \cdot 10^2$	$4,22 \cdot 10^2$	$4,16 \cdot 10^2$	$4,38 \cdot 10^2$	$3,27 \cdot 10^2$	$3,48 \cdot 10^2$
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	$3,82 \cdot 10^3$	$3,83 \cdot 10^3$	$3,69 \cdot 10^3$	$3,75 \cdot 10^3$	$3,72 \cdot 10^3$	$3,87 \cdot 10^3$
PE (kg de fòsfor-equiv.)	$7,77 \cdot 10^2$	$7,80 \cdot 10^2$	$7,56 \cdot 10^2$	$7,65 \cdot 10^2$	$7,62 \cdot 10^2$	$7,89 \cdot 10^2$
PEAD (kg DCB-equiv.)	$6,73 \cdot 10^1$	$6,85 \cdot 10^1$	$6,66 \cdot 10^1$	$7,67 \cdot 10^1$	$5,55 \cdot 10^1$	$6,20 \cdot 10^1$
PEG 100 anys (kg de CO ₂ -equiv.)	$1,30 \cdot 10^5$	$1,32 \cdot 10^5$	$1,34 \cdot 10^5$	$1,39 \cdot 10^5$	$1,22 \cdot 10^5$	$1,27 \cdot 10^5$
PTH (kg DCB-equiv.)	$1,50 \cdot 10^3$	$1,52 \cdot 10^3$	$1,49 \cdot 10^3$	$1,81 \cdot 10^3$	$1,52 \cdot 10^3$	$1,72 \cdot 10^3$
PEAM (kg DCB-equiv.)	$2,33 \cdot 10^6$	$2,35 \cdot 10^6$	$2,29 \cdot 10^6$	$3,39 \cdot 10^6$	$2,60 \cdot 10^6$	$3,21 \cdot 10^6$
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equiv.)	$2,79 \cdot 10^{-3}$	$2,80 \cdot 10^{-3}$	$2,77 \cdot 10^{-3}$	$3,39 \cdot 10^{-3}$	$3,07 \cdot 10^{-3}$	$3,47 \cdot 10^{-3}$
PCOT (kg etè-equiv.)	$2,45 \cdot 10^1$	$2,52 \cdot 10^1$	$2,48 \cdot 10^1$	$2,66 \cdot 10^1$	$2,65 \cdot 10^1$	$2,82 \cdot 10^1$
PET (kg DCB-equiv.)	$3,18 \cdot 10^1$	$3,23 \cdot 10^1$	$3,18 \cdot 10^1$	$3,67 \cdot 10^1$	$2,70 \cdot 10^1$	$3,01 \cdot 10^1$
Consum d'energia (MJ)	$9,68 \cdot 10^5$	$9,82 \cdot 10^5$	$9,68 \cdot 10^5$	$1,04 \cdot 10^6$	$7,96 \cdot 10^5$	$8,53 \cdot 10^5$
Superfície agrícola (ha)	76,70	95,87	77,64	78,40	77,97	80,70



Taula A.9 Taula de resultats ambientals agrupats per escenaris (percentatge respecte escenari de referència)

	Dièsel actual	Dièsel classic	Dièsel colza	Dièsel colza-oli	OVC colza	OVC colza-oli
PERA (kg Sb-equiv.)	100,00%	101,50%	100,03%	105,49%	78,81%	83,75%
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	100,00%	100,22%	96,45%	98,07%	97,35%	101,09%
PE (kg de fosfat-equiv.)	100,00%	100,41%	97,33%	98,42%	98,09%	101,60%
PEAD (kg DCB-equiv.)	100,00%	101,73%	98,91%	113,86%	82,42%	92,09%
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	100,00%	102,06%	103,71%	107,38%	93,78%	98,35%
PTH (kg DCB-equiv.)	100,00%	101,65%	99,30%	120,96%	101,34%	114,92%
PEAM (kg DCB-equiv.)	100,00%	100,80%	98,46%	145,44%	111,87%	138,09%
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equiv.)	100,00%	100,25%	99,02%	121,51%	109,81%	124,09%
PCOT (kg etè-equiv.)	100,00%	103,11%	101,44%	108,74%	108,45%	115,31%
PET (kg DCB-equiv.)	100,00%	101,55%	99,79%	115,22%	84,66%	94,63%
Consum d'energia (MJ)	100,00%	101,37%	99,92%	107,20%	82,15%	88,09%
Superfície agrícola (ha)	100,00%	125,00%	101,23%	102,22%	101,66%	105,22%

Taula A.10 Taula de resultats ambientals: escenari dièsel actual

	Suma	Ordi	Blat
PERA (kg Sb-equiv.)	415,516718	301,45087	114,065849
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	3823,95682	2835,0671	988,889732
PE (kg de fosfat-equiv.)	776,964558	570,25379	206,71077
PEAD (kg DCB-equiv.)	67,343542	49,5460565	17,7974856
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	129586,539	89605,6861	39980,8527
PTH (kg DCB-equiv.)	1499,34416	1104,61268	394,731478
PEAM (kg DCB-equiv.)	2327648,4	1703641,35	624007,055
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equiv.)	0,00279246	0,00201586	0,0007766
PCOT (kg etè-equiv.)	24,4765915	18,1489992	6,3275924
PET (kg DCB-equiv.)	31,8393578	23,2188244	8,62053349
Consum d'energia (MJ)	968495,363	702252,863	266242,502

Taula A.11 Taula de resultats ambientals: escenari dièsel clàssic

	Suma	Ordi	Guaret	Blat
PERA (kg Sb-equiv.)	421,750098	301,45087	6,23338004	114,065848
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	3832,49778	2835,0671	8,54095602	988,889727
PE (kg de fosfat-equiv.)	780,120809	570,253789	3,15625169	206,710769
PEAD (kg DCB-equiv.)	68,5085608	49,5460565	1,16501876	17,7974855
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	132252,884	89605,6861	2666,34537	39980,8525
PTH (kg DCB-equiv.)	1524,14406	1104,61268	24,7999019	394,731476
PEAM (kg DCB-equiv.)	2346180,14	1703641,35	18531,7387	624007,052
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equiv.)	0,00279948	0,00201586	7,0272E·10 ⁻⁶	0,0007766
PCOT (kg etè-equiv.)	25,2389628	18,1489991	0,76237131	6,32759236
PET (kg DCB-equiv.)	32,3329115	23,2188244	0,49355374	8,62053345
Consum d'energia (MJ)	981716,002	702252,862	13220,639	266242,501

Taula A.12 Taula de resultats ambientals: escenari dièsel colza

	Suma	Ordi	Ordi-2	Colza	Blat-1
PERA (kg Sb-equiv.)	415,657281	162,755962	81,3779808	79,1456148	92,3777238
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	3688,27459	1530,67752	765,338762	591,392979	800,865321
PE (kg de fosfat-equiv.)	756,199215	307,885009	153,942505	126,964273	167,407428
PEAD (kg DCB-equiv.)	66,6092657	26,7503493	13,3751746	12,0702146	14,4135272
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	134390,668	48378,8937	24189,4469	29443,3091	32379,018
PTH (kg DCB-equiv.)	1488,91538	596,390049	298,195024	274,651845	319,678466
PEAM (kg DCB-equiv.)	2291832,82	919810,865	459905,433	406756,221	505360,299
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equiv.)	0,00276511	0,00108838	0,00054419	0,0005036	0,00062894
PCOT (kg etè-equiv.)	24,8302714	9,79880339	4,8994017	5,00758264	5,1244837
PET (kg DCB-equiv.)	31,7737399	12,5360464	6,26802319	5,98821822	6,98145213
Consum d'energia (MJ)	967763,91	379152,463	189576,232	183415,233	215619,983



Taula A.13 Taula de resultats ambientals: escenari dièsel colza-oli

	Suma	Ordi	Ordi-2	Colza	Blat-1
PERA (kg Sb-equiv.)	438,343649	164,34838	82,1741898	98,5395247	93,2815552
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	3750,01327	1545,6538	772,826901	622,831512	808,701055
PE (kg de fosfat-equivalent)	764,717799	310,897382	155,448691	129,32637	169,045357
PEAD (kg DCB-equivalent)	76,6787925	27,012077	13,5060385	21,6061267	14,5545504
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	139146,239	48852,2369	24426,1184	33172,0671	32695,817
PTH (kg DCB-equiv.)	1813,60655	602,225179	301,11259	587,462551	322,806227
PEAM (kg DCB-equiv.)	3385284,48	928810,372	464405,186	1481764,13	510304,786
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equivalent)	0,00339311	0,00109903	0,00054951	0,00110948	0,00063509
PCOT (kg etè-equiv.)	26,6155232	9,89467571	4,94733785	6,59888754	5,17462208
PET (kg DCB-equiv.)	36,6838592	12,6587001	6,32935005	10,6460498	7,04975924
Consum d'energia (MJ)	1038257,56	382862,123	191431,061	246234,752	217729,627

Taula A.14 Taula de resultats ambientals: escenari OVC colza

	Suma	Ordi	Ordi-2	Colza	Blat-1
PERA (kg Sb-equiv.)	327,471396	124,099835	62,0499175	67,7084386	73,613205
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	3722,55387	1539,19135	769,595674	608,524032	805,242815
PE (kg de fosfat-equivalent)	762,149395	310,039762	155,019881	128,560108	168,529644
PEAD (kg DCB-equivalent)	55,5060937	20,41763	10,208815	13,5433464	11,3363023
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	121521,091	42568,7512	21284,3756	28080,6874	29587,2763
PTH (kg DCB-equiv.)	1519,39492	544,076969	272,038485	408,946654	294,332815
PEAM (kg DCB-equiv.)	2603853,63	820638,412	410319,206	915576,533	457319,48
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equivalent)	0,00306631	0,00108244	0,00054122	0,00081619	0,00062646
PCOT (kg etè-equiv.)	26,5455026	10,1552713	5,07763567	6,01308902	5,29950657
PET (kg DCB-equiv.)	26,955687	9,68081981	4,84040991	6,83937931	5,59507794
Consum d'energia (MJ)	795613,207	298567,133	149283,566	171245,186	176517,322

Taula A.15 Taula de resultats ambientals: escenari OVC colza-oli

	Suma	Ordi	Ordi-2	Colza	Blat-1
PERA (kg Sb-equiv.)	347,984869	128,453913	64,2269565	79,1080543	76,1959453
PA (kg de SO ₂ -equiv.)	3865,59323	1593,19432	796,597158	642,306773	833,494989
PE (kg de fosfat-equiv.)	789,432373	320,917595	160,458798	133,613425	174,442555
PEAD (kg DCB-equiv.)	62,0179282	21,1339884	10,5669942	18,5829059	11,7340397
PEG 100 anys (kg de CO ₂ equivalent)	127452,235	44062,288	22031,144	30733,4486	30625,3543
PTH (kg DCB-equiv.)	1723,00608	563,166065	281,583032	573,597421	304,659566
PEAM (kg DCB-equiv.)	3214289,25	849430,745	424715,373	1466778,46	473364,664
PECO, estat d'equilibri (kg R11-equiv.)	0,00346515	0,00112042	0,00056021	0,00113608	0,00064844
PCOT (kg etè-equiv.)	28,2243468	10,5115719	5,25578597	6,97154764	5,48544127
PET (kg DCB-equiv.)	30,1304786	10,0204741	5,01023707	9,30838455	5,79138285
Consum d'energia (MJ)	853103,552	309042,446	154521,223	206829,401	182710,482



A.5 Definició de les subcategories d'impacte (ACV-S)

Seguidament es recopilen les definicions de les subcategories d'impacte agrupades per categories de les parts interessades adaptades dels fulls metodològics [UNEP-SETAC 2009].

Treballadors:

Llibertat d'associació i negociació col·lectiva: la llibertat d'associació implica que els empresaris, els sindicats i els representants dels treballadors poden discutir lliurement els seus problemes per tal d'arribar a acords acceptables per totes les parts. S'hi inclouen el dret de vaga dels treballadors, els drets de les organitzacions de redactar els seus estatuts i reglaments, triar lliurement els seus representants i organitzar la seva activitat lliurement.

Treball infantil: es defineix sovint com el treball que priva els nens de la seva infància i que és perjudicial per al seu desenvolupament físic i mental. En la seva forma més extrema, implica nens esclavitzats, separats de les seves famílies, exposats a perills laborals i malalties i/o obligats a viure per si mateixos als carrers de les grans ciutats.

Sou just: es pot definir com el mínim sou exigít per llei, el sou mig de la indústria o el mínim sou per viure. Aquesta última definició també es pot entendre com a "sou adequat" o un "sou digne".

Hores de treball: les hores de treball no haurien de sobrepassar els límits legalment fixats. Els treballadors no han de treballar més de 48 hores setmanals i han de tenir un dia lliure cada 6 dies. Les hores extres han de ser voluntàries, no superar les 12 hores setmanals i no es poden requerir de forma regular als treballadors.

Treballs forçats: és qualsevol treball o servei exigít a un individu sota l'amenaça d'algun tipus de pena i per al qual aquesta persona no s'ha ofert voluntàriament.

Igualtat d'oportunitats/discriminació: implica que tothom té dret a rebre un tracte just i tenir les mateixes oportunitats que els altres, sense distinció de sexe, raça, edat, estat conjugal, ...

Salut i seguretat: els treballadors han de tenir el major grau de benestar físic, mental i social en tots els llocs de treball. Un lloc de treball segur és aquell en què es creen les condicions de treball segures en front als perills coneguts.

Beneficis socials / seguretat social: els beneficis socials es refereixen a beneficis del treball no monetaris. Aquests es donen a través de mútues o com és el cas d'Espanya a través d'un sistema de seguretat social públic.

Consumidors:

Salut i seguretat: en el cas dels consumidors, la salut i seguretat es refereix al seu dret a estar protegits de productes i serveis que puguin ser perillosos.

Mecanismes de retroalimentació: aquesta subcategoria avalua si els mecanismes de retroalimentació són suficients per garantir que la informació important per al consumidor es transmet al productor / a la marca. Aquests mecanismes estan estretament relacionats amb la satisfacció dels consumidors, que es pot avaluar indirectament analitzant els mecanismes previstos per les empreses per aconseguir aquest objectiu.

Privacitat del consumidor: examina si els sistemes de gestió de l'organització o empresa treballen per respectar i protegir la privacitat del consumidor. Això inclou la protecció de la confidencialitat de les dades del consumidor, limitant la informació recopilada de caire personal, restringint l'ús de les dades al seu propòsit original o acordat i la protecció contra el robatori o mal ús de les dades.

Transparència: es refereix a si l'empresa comunica als consumidors tot el referent als seus productes i la responsabilitat social d'una forma transparent, és a dir, sense voluntat d'ocultar o amagar informació que afecti a la decisió del consumidor. Per tal de reconèixer aquesta transparència s'usen per exemple certificacions o segells que aporten aquest tipus d'informació.

Responsabilitat de final de vida d'un producte: s'encarrega de l'eliminació, reutilització o reciclatge d'un producte. Les empreses han de tenir en compte la minimització dels impactes ambientals, econòmics i socials que produeixen aquestes etapes del final de la vida dels productes.



Comunitat local:

Accés als recursos materials: que les organitzacions tinguin en compte respectar, protegir, potenciar i millorar l'accés a recursos materials i infraestructures. Les organitzacions i comunitats poden crear un benefici social compartint recursos i potenciant el seu ús racional.

Accés als recursos immaterials: les organitzacions han de respectar i potenciar els serveis a la comunitat, els drets de propietat intel·lectual, la llibertat d'expressió i l'accés a la informació.

Deslocalització i migració: una organització hi contribueix quan directament o indirecta desposseeix a un individu o grup d'individus de la seva terra o recursos. Aquest fet provoca el moviment involuntari de persones.

Patrimoni cultural: aquest inclou la llengua, les pràctiques socials i religioses, les tècniques artesanals tradicionals, així com els espais culturals i els objectes, com poden ser els cementiris.

Seguretat i condicions de vida saludables: es refereix a com les organitzacions afecten la seguretat i la salut de la comunitat local. Inclou la generació i ús de materials perillosos i les emissions contaminants que poden repercutir negativament en la salut.

Respecte dels drets dels indígenes: inclou el dret a les terres, els recursos, la integritat cultural, l'autodeterminació i l'autogovern. Històricament, els estats han negat a molts pobles indígenes aquests drets.

Integració a la comunitat: té en compte si les organitzacions inclouen la comunitat local en la presa de decisions. També si les organitzacions participen en activitats de la comunitat (per exemple jornades, iniciatives de reciclatge, ...).

Ocupació a nivell local: es refereix al paper d'una organització de directament o indirecta afectar l'ocupació a nivell local. La preferència de contractació de membres de la comunitat local els hi proporciona ingressos i possibilitat de formació. Les organitzacions poden tenir un gran efecte en la comunitat local en contractar treballadors locals per llocs de treball amb responsabilitats de gestió.

Condicions de vida segures: les organitzacions han d'establir sistemes de gestió de riscos ambientals per a la prevenció, mitigació i control de danys a la salut a causa de les seves operacions. Per exemple, l'ús de materials perillosos pot tenir efectes adversos per a la salut i els canvis d'ús del sòl poden provocar desastres com despreniments de terres.

Societat:

Compromisos públics en temes de sostenibilitat: es difonen a través de la pàgina web de l'organització, materials promocionals o altres mitjans. Aquests compromisos fan referència a la contribució d'una organització o un grup d'organitzacions al desenvolupament sostenible de la comunitat o la societat en relació a una etapa o més del cicle de vida d'un producte o servei.

Contribució al desenvolupament econòmic: fins a quin punt una organització ajuda al desenvolupament econòmic de la societat (també es podria considerar subcategoria a nivell de comunitat local, que és com apareix en els fulls metodològics en diferència amb la Guia Social). És bàsica per a lluitar contra pobresa i fam.

Prevenció i mitigació dels conflictes armats: té en compte el paper de les organitzacions en conflictes armats o situacions que en el futur poden provocar-los. Per això, cal considerar els efectes positius o negatius que hi poden influir. Els conflictes armats es poden definir com a situacions en què com a mínim una de les parts empra la violència com a mínim en incidents esporàdics. Les zones del món on hi ha conflictes de forma continuada s'anomenen zones en conflicte. Cal doncs tenir en compte si les organitzacions actuen en aquestes zones.

Desenvolupament tecnològic: aquesta subcategoria avalua si l'organització participa en recerca i desenvolupament de tecnologies eficients i respectuoses amb el medi ambient. A més, també s'ha de tenir en compte la transferència, entesa com el procés d'utilització de la tecnologia, l'experiència, els coneixements tècnics o instal·lacions per a una finalitat no previst inicialment per l'organització en desenvolupament. També es defineix com el procés de convertir la recerca en desenvolupament econòmic.

Corrupció: s'avalua si una organització ha posat en marxa les mesures adequades per prevenir la corrupció i si hi ha evidències que ha participat o participa en actes de



corrupció. S'entén corrupció com un mal ús del poder per obtenir avantatges de tipus personal.

Seguretat i medi ambient: a nivell de societat es podria tenir en compte l'efecte de les organitzacions a riscos, accidents i contaminació que no afecten una comunitat en concret i que poden ser també impactes globals pel medi ambient. Un exemple en seria la contaminació marítima, la de les aigües subterrànies, ... Aquesta subcategoria no apareix en la Guia Social ni els fulls metodològics, però pot afectar si es consideren les organitzacions que produeixen i distribueixen dièsel, doncs amb el model proposat s'evita l'extracció (pous petrolífers), el transport (vaixells o conductes petrolífers) i el processat (refineries), a més de l'emmagatzematge que sí que es pot considerar a nivell local.

Actors en la cadena de valor:

Competència lleial: aquesta subcategoria avalua si les activitats competitives de l'organització es duen a terme de manera justa i complint la legislació vigent en matèria de prevenció de conductes contràries a la competència o pràctiques de monopoli.

Promoure la responsabilitat social: contempla si l'empresa potencia la responsabilitat social entre els seus proveïdors. Es pot fer a través d'un codi de conducta o de contractes on es fixi la responsabilitat social.

Relacions amb els proveïdors: es refereix a la relació amb els proveïdors i la cooperació amb ells per part d'una organització. Aquesta relació s'ha de fer emmarcada en la legislació aplicable. La contractació de proveïdors té un gran efecte en la cadena de subministrament. Es té en compte si la selecció de proveïdors es fa en base a uns criteris que poden tenir conseqüències socials (planificació futura, actitud de cooperació, consideració dels proveïdors com a col·laboradors, ...).

Respecte dels drets de la propietat intel·lectual: avalua si les accions de l'organització protegeixen i valoren els creadors i altres productors de béns i serveis intel·lectuals. La jurisprudència relacionada amb la propietat intel·lectual engloba els camps industrial, científic, literari i també artístic.

A.6 Indicadors de les subcategories d'impacte seleccionades (ACV-S)

A continuació es recullen les taules que mostren per les subcategories d'impacte que es consideren en l'apartat 5.2.3 les dades bàsiques requerides i els indicadors per a cada subcategoria d'impacte (**Taula A.16**, **Taula A.17** i **Taula A.18**). Aquests indicadors d'impacte s'han recopilat dels fulls metodològics [UNEP-SETAC 2009], d'articles tècnics i del llistat desenvolupat pel GRI [GRI 2006] a més de les desenvolupades específicament per al model proposat en aquesta tesi. Els indicadors marcats com a *genèrics* són aquells que es poden considerar més usuals, els que identificariem com a “hotspots” del sistema. La resta d'indicadors són de caire més específic, i poden o no afectar a un sistema depenent del context on es desenvolupa.

En la **Taula A.16** es mostren les dades necessàries i els indicadors referents als treballadors com a part interessada. En negreta es troben marcats els que poden ser d'aplicació en el cas del model proposat.

Taula A.16 Indicadors per a les subcategories dels “treballadors” com a part interessada.

Subcategories d'impacte	Dades bàsiques requerides	Indicadors d'impacte
Salut i seguretat (A)	Percentatge d'accidents i accidents mortals en el lloc de treball (Qt)	<ul style="list-style-type: none"> • Genèric: Taxa d'accidentalitat laboral per país i treball (Qt) • Nombre o percentatge d'accidents i accidents mortals per tipus de treball en l'organització (Qt)
	Condicions de treball físiques i psicològiques (Ql) Manipulació i ús de substàncies perilloses o nocives per la salut (SQt) (P)	<ul style="list-style-type: none"> • Existència de legislació en matèria de seguretat i salut (SQt) • Presència de mesures de seguretat (Ql/SQt) • Nombre d'infraccions en matèria de seguretat i salut dels últims 3 anys i estat de les mateixes (Qt/SQt) • GRI LA8: Educació, prevenció i programes de control per assistir a altres en cas d'afectacions greus (Ql/SQt) • Existència de risc per manipulació o ús de substàncies perilloses o nocives (SQt/Ql) (P)

Tipus: Qt – Quantitatiu; SQt – Semiquantitatiu; Ql – Qualitatiu; P – Personalitzat per al model



En la **Taula A.17** es mostren les dades necessàries i els indicadors referents a la comunitat local com a part interessada. Els que poden ser d'aplicació en el model proposat estan marcats en negreta.

Taula A.17 Indicadors per a les subcategories de la "comunitat local" com a part interessada.

Subcategories d'impacte	Dades bàsiques requerides	Indicadors d'impacte
Accés als recursos materials (A)	<p>Nivells d'ús d'un recurs (Qt)</p> <p>Estudis de risc sobre recursos potencialment problemàtics (Ql/SQt)</p> <p>Contribució de l'organització a infraestructures i/o gestió de sistemes ambientals (Ql/SQt)</p> <p>Superfície destinada a terres de conreu (total, per alimentació humana, per alimentació animal i com a conreus energètics) dins el territori on s'ubica el model (Q) (P)</p> <p>Superfície total de terres de conreu dins el territori on s'ubica el model (Q) (P)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Genèric</u>: Canvis en la propietat de les terres (Qt) • <u>Genèric</u>: Nivell de l'ús industrial de l'aigua (Qt) • <u>Genèric</u>: Extracció de recursos materials (Qt) • <u>Genèric</u>: Percentatge de la població (urbana, rural i total) amb accés a instal·lacions sanitàries (Qt) • Infraestructures potenciades des de l'organització amb accés per part de la comunitat local (SQt/Ql) • Estudis de risc sobre recursos potencialment problemàtics (Ql/SQt) • Existència d'un sistema de gestió ambiental certificat (SQt) • Ús de es terres de conreu per diferents productes respecte el total del territori (Qt) (P)
Deslocalització (motius econòmics) (A)	<p>Nivell de desallotjaments forçosos i migració per motius de treball (Q)</p> <p>Lleis que tractin la relocalització de membres de la comunitat (Q/SQt)</p> <p>Procediments per incorporar immigrants a la comunitat (Q/SQt)</p> <p>Superfície abandonada de les terres de conreu (Q) (P)</p> <p>Superfície total de terres de conreu dins el territori on s'ubica el model (Q) (P)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Genèric</u>: Desallotjaments forçosos derivats del desenvolupament econòmic (Qt) • Causes i tractament dels desplaçats internament (Ql/SQt) • Percentatge d'abandó de les terres de conreu (Q) (P)
Seguretat i condicions de vida saludables (A)	<p>Accions de l'organització per millorar la salut de la comunitat (Ql)</p> <p>Valoració dels esforços de gestió per assegurar la seguretat en les instal·lacions (SQt)</p> <p>Àrees amb alt nivell de pol·lució o de malalties (Qt)</p> <p>Nivells d'emissions a nivell d'àrea d'impacte de l'emissió i en el país</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Genèric</u>: Càrregues de malalties per països (Qt) • <u>Genèric</u>: Nivells de pol·lució per països (Qt) • <u>Genèric</u>: Lleis de seguretat en la construcció (Ql/SQt) • Supervisió de la integritat estructural (Ql/SQt) • Esforços de l'organització per

(Qt) (P)	Nombre de persones en l'àrea d'impacte de les emissions contaminants considerades (Qt) (P)	millorar la salut de la comunitat (per exemple recursos comuns de l'organització que pugui usar la comunitat) (Ql/SQt) • Esforç de gestió per minimitzar l'ús de substàncies perilloses (Ql/SQt) • Rati entre emissions generades i nombre de persones de l'àrea d'impacte de l'emissió (Qt) (P). • Ocupació de la via pública (Ql/SQt) (P)
----------	---	---

Tipus: Qt – Quantitatiu; SQt – Semiquantitatiu; Ql – Qualitatiu; P – Personalitzat per al model

En la **Taula A.18** es mostren els indicadors referents als actors en la cadena de valor com a part interessada. Es plantegen dades i indicadors personalitzats pel model tenint en compte que l'agricultor coopera en una cooperativa per usar tecnologia, per tant ha d'existir la voluntat d'associació dels pagesos en una cooperativa. En negreta es troben els que poden ser d'aplicació en el model proposat.

Taula A.18 Indicadors per a les subcategories dels “actors en la cadena de valor” com a part interessada.		
Subcategories d'impacte	Dades bàsiques requerides	Indicadors d'impacte
Relacions amb els proveïdors (A)	Comportament de l'organització en quant a relació amb els proveïdors (Ql/SQt) Nombre de pagesos i cooperatives de la zona on es localitza el model (Qt, SQt) (P)	• <u>Genèric:</u> - • Absència de comunicació coercitiva amb els proveïdors (Ql/SQt) • Temps d'execució suficient (SQt) • Fluctuacions de volum raonables (Ql/SQt) • Pagaments als proveïdors sense retard (SQt) • Entesa entre pagesos (Ql/SQt) (P)

Tipus: Qt – Quantitatiu; SQt – Semiquantitatiu; Ql – Qualitatiu; P – Personalitzat per al model

A partir d'aquestes taules es pot plantejar la recopilació i el càlcul d'aquestes dades i indicadors, amb el que es podran agregar en subcategories i categories d'impacte per a obtenir els resultats dels impactes socials.



A.7 Articles publicats

En aquest annex es recopilen els següents articles:

- **Grau, B. *et al.***, “Small-scale production of straight vegetable oil from rapeseed and its use as biofuel in the Spanish territory.” *Energy Policy* 38(1): 189-196, 2010.
- **Baquero, G. *et al.***, “An evaluation of the Life Cycle Cost of rapeseed oil as a straight vegetable oil fuel to replace petroleum diesel in agriculture.” Acceptat el maig de 2011 i en procés de publicació a la revista *Biomass and Bioenergy*.